



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

USOS Y APLICACIONES DE LA TOMOGRAFÍA
VOLUMÉTRICA CONE-BEAM EN ENDODONCIA.
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

PRESENTA:

MARIANA HURTADO GONZÁLEZ

TUTORA: Esp. ALEJANDRA RODRÍGUEZ HIDALGO

ASESOR: Esp. DANIEL DUHALT IÑIGO

MÉXICO, D.F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Dios. Por darme la fortaleza para culminar este proyecto que tanto deseaba y sobre todo brindarme la satisfacción de realizarme profesionalmente, permitiéndome lograr un triunfo más en la vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Por darme la oportunidad de formar parte de ella y permitirme representarla con orgullo.

A la Esp. Alejandra Rodríguez Hidalgo.

Por compartir su conocimiento y experiencia, pero sobre todo por brindarme algo tan valioso como lo es su tiempo, dedicación y esfuerzo, a fin de contribuir con este proyecto con el que culmino una etapa relevante de mi vida

Al Esp. Marino P. Aquino Ignacio.

Por su apoyo y asesoría en la realización de este proyecto.

A mis padres Enrique y Rosa María.

Por ser la motivación de la vida que me han dado, por inculcar valores que hacen de mí una gran mujer. Por su gran amor, apoyo y confianza incondicional. Los amo.

A la Facultad de Odontología.

Por proporcionarme la oportunidad de aprender y forjarme en esta profesión.

Al Esp. Daniel Duhalt Trigo.

Por su valiosa ayuda, enseñanza y dedicación en el desarrollo de esta tesina.

*A mis hermanas Karina y Gaby.
Por su fe, fraternidad, apoyo, cariño y
comprensión.*

A Karina.

*Una dedicatoria especial, por ser mi
modelo a seguir, mi inspiración y guía,
sabes que sin tú ayuda nunca lo hubiera
logrado. Te quiero hermana.*

A Rolando.

*Por estar conmigo en los momentos
bueno y malos, apoyándome sin
condiciones, por ser mi fuerza y mi luz,
por compartir este logro conmigo.*

*A mis amigos Brenda, Héctor, Sandra, Sara, Britta,
Luis y todas aquellas personas que en algún momento de mi vida
me han brindado su amistad.*

*Por compartir experiencias personales, familiares y profesionales
conmigo, por apoyarme incondicionalmente y demostrar que pase lo
que pase nuestra amistad siempre estará viva a donde quiera que nos
encontremos.*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS	7
3. PROPÓSITOS	7
4. CONCEPTOS GENERALES.....	8
4.1 RADIOGRAFÍA DENTOALVEOLAR	8
4.2 ORTOPANTOMOGRFÍA.....	12
4.3 TOMOGRAFÍA CONVENCIONAL	13
4.4 TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (TC)	14
4.5 TOMÓGRAFO	14
5. TOMOGRAFÍA VOLUMÉTRICA CONE-BEAM (TVCB)	15
5.1 DEFINICIÓN.....	15
5.2 DIFERENCIAS ENTRE TOMOGRAFÍA VOLUMÉTRICA CONE-BEAM Y TOMOGRAFÍA CONVENCIONAL.....	16
5.3 DIFERENCIAS ENTRE TOMOGRAFÍA VOLUMÉTRICA CONE-BEAM (TVCB) Y TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (TC)	16
5.4 DOSIS DE RADIACIÓN	17
5.5 PRODUCCIÓN DE LA IMAGEN.....	18
5.5.1 <i>Configuración de la adquisición</i>	18
5.5.2 <i>Detección de la imagen</i>	20
5.5.3 <i>Reconstrucción de la imagen</i>	21
5.5.4 <i>Exhibición de la imagen</i>	23
5.6 TIPOS DE EQUIPO PARA TOMOGRAFÍA VOLUMÉTRICA CONE-BEAM	24
5.6.1 <i>NewTom 3G (QRSLR, Verona)</i>	26
5.7 APLICACIONES EN ODONTOLOGÍA	28
5.7.1 <i>Ortodoncia</i>	28

5.7.2 Implantología	30
5.7.3 Patología Bucal.....	33
5.7.4 Cirugía Maxilofacial.....	35
5.7.5 Evaluación de la articulación temporomandibular (ATM).....	37
5.8 APLICACIONES EN ENDODONCIA	38
5.8.1 Análisis de la anatomía del conducto radicular.....	38
5.8.2 Identificación de lesiones de tipo endodóntico.....	47
5.8.3 Diagnóstico de fracturas radiculares.....	52
5.8.3.1 Fracturas verticales	53
5.8.3.2 Fracturas horizontales.....	57
5.8.4 Diagnóstico de resorciones.....	60
5.8.4.1 Resorciones internas.....	61
5.8.4.2 Resorciones externas.....	63
5.8.5 Evaluación anatómica pre-quirúrgica.....	66
5.8.6 Diagnóstico de fracasos y complicaciones	68
5.8.6.1 Perforación Radicular	69
5.9 INDICACIONES	70
5.10 VENTAJAS	71
5.11 LIMITACIONES	72
6. CONCLUSIONES	73
7. REFERENCIAS	75



1. INTRODUCCIÓN

Desde que el físico alemán William Conrad Roentgen descubrió en 1895 los rayos X, la radiología convencional ha proporcionado imágenes del cuerpo humano. Este extraordinario hallazgo propició un antes y después en el ámbito de la salud, debido a que permite desentrañar y colocar ante la mirada de los científicos aquellos misterios del cuerpo humano que permanecen ocultos.

Sin embargo, la mayor limitación de esta técnica es que genera imágenes bidimensionales de información tridimensional, provocando superposición de estructuras.

En 1972 con la introducción de la Tomografía Computarizada por Godfrey Newbold Hounsfield y Allan McLeod Cormack, la imagenología evolucionó ya que al permitir obtener secciones axiales del cuerpo humano se mejoró la calidad de exploración, sin superposición de estructuras.

A pesar de las ventajas que proporciona la Tomografía Computarizada a la salud humana, en el área odontológica no parece tener mucha utilidad debido a que la dosis de radiación y el costo son muy elevados, aunado a esto la pobre resolución.

Es por ello que fue desarrollada una nueva tecnología, la Tomografía Volumétrica Cone-Beam que ofrece reconstrucciones tridimensionales libres de superposiciones, precisas y de gran calidad del complejo maxilofacial; además de una baja dosis de radiación y bajo costo en comparación con la Tomografía Computarizada. Asimismo el clínico tiene la posibilidad de observar las imágenes en diferentes ángulos según sea su interés, lo que conlleva a un mejor análisis e interpretación de la información.

Es así como la odontología en general y la endodoncia en particular, se ven beneficiadas por esta modalidad imagenológica de alto valor diagnóstico.



2. OBJETIVOS

- Conocer la importancia de la radiología en el área endodóntica como recurso auxiliar complementario del examen clínico.
- Distinguir las limitaciones que poseen las técnicas imagenológicas convencionales.
- Reconocer la Tomografía Volumétrica Cone-Beam como alternativa en las herramientas auxiliares de diagnóstico.
- Comparar las técnicas radiográficas convencionales con la Tomografía Volumétrica Cone-Beam.
- Describir los usos de la Tomografía Volumétrica Cone-Beam en el área odontológica.
- Explicar las aplicaciones y beneficios de la Tomografía Volumétrica Cone-Beam en el área endodóntica.

3. PROPÓSITOS

El propósito de esta tesina es dar a conocer las aplicaciones de la Tomografía Volumétrica Cone-Beam en el ámbito odontológico y en específico en el área de endodoncia, además de determinar su importancia como una alternativa en los métodos auxiliares de diagnóstico.



4. CONCEPTOS GENERALES

4.1 Radiografía Dentoalveolar

La radiografía dentoalveolar (RD) es una proyección intraoral diseñada para mostrar todo el diente y tejidos periapicales, de esta forma proporciona información detallada del órgano dentario y el hueso alveolar circundante a éste.

Considerada la primera elección de estudio radiográfico del diente; es un valioso recurso auxiliar complementario del examen clínico en endodoncia.

Cabe destacar que la radiografía dentoalveolar provee una imagen en dos dimensiones de objetos tridimensionales por ello, el odontólogo deberá estar entrenado para poder captar, imaginar e interpretar la tercera dimensión.

Existen dos técnicas para su obtención:

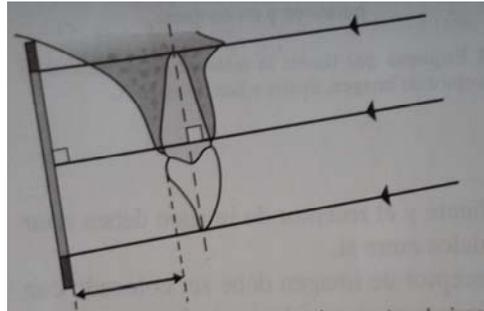
1. Técnica de Paralelismo

También conocida como técnica de extensión de cono paralelo (XCP), técnica de ángulo recto o de localizador largo, fue descrita en 1920 por McCormack.

Para lograr el paralelismo se debe incrementar la distancia objeto-película, es decir el paquete radiográfico no deberá estar en contacto con el diente, lo que provocará una falta de isometría del órgano dentario que se compensa con el aumento de la distancia entre el foco emisor y la película. La distancia aproximada deberá ser de 40 cm. (Fig.1)

Después de obtener dicho paralelismo, el rayo central se dirigirá de forma perpendicular al cuello del diente y a la película.

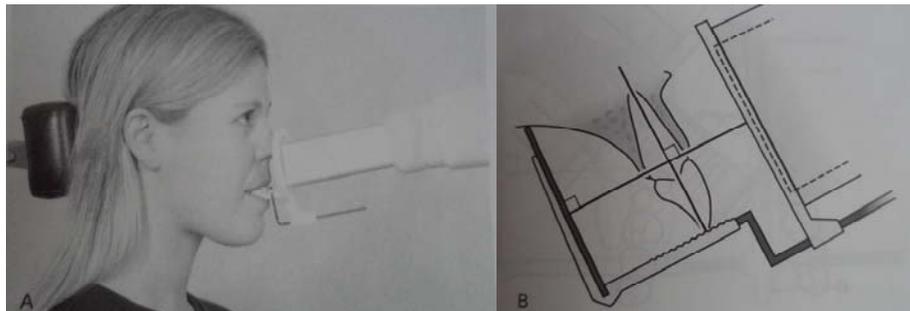
Fig. 1 Posición que ocupa el receptor en la boca para lograr el paralelismo con el diente.



Fuente:Whaites¹

En esta técnica es imposible que el paciente sostenga la película, por lo que se utiliza un soporte para ésta, con el objetivo de mantener la radiografía paralela al eje longitudinal del diente. (Fig.2)

Fig. 2 A Posición del paciente. B Esquema de la posición.



Fuente: Whaites²

¹ WHAITES, E. Radiología Odontológica. Ed: Médica Panamericana. Segunda edición. Buenos Aires, Argentina. 2010.p.84

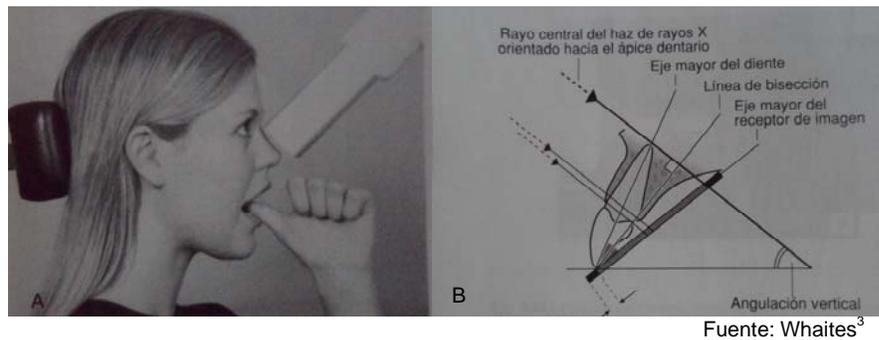
² IDEM.

2. Técnica de Bisectriz.

También conocida como técnica de ángulo de bisectriz, técnica de bisección de ángulo y técnica de cono corto es el método más utilizado por el odontólogo en su práctica general.

Consiste en colocar la película cerca o en contacto con el borde oclusal del diente, de esta forma el órgano dentario y la placa forman un ángulo sobre cuya bisectriz incidirá el haz de forma perpendicular. (Fig.3)

Fig.3 A Posición del paciente. B Base teórica de la técnica de bisectriz.



Esta técnica resulta ser imprecisa debido a la gran distorsión que genera, ya que si la angulación del rayo es mayor de lo adecuado la imagen será apreciada acortada, si es escasa el diente se verá elongado y aquellas estructuras que están más alejadas de la película se proyectan de manera irreal con las más próximas. Por ello el uso de esta técnica está limitada en endodoncia.

³ WHAITES, E. Op. Cit. p.p: 98,101



Cuadro 1. Comparación de técnicas periapicales: bisectriz y paralelas.

	Bisectriz	Paralelas
Distorsión dimensional	Sí	No
Superposición de raíces con otras estructuras	Sí	No
Haz próximo a órganos críticos	Sí	No
Distancia foco-película	Corta (20 cm)	Larga(40cm)
Duplicabilidad	No	Sí
Posicionador indispensable	No	Sí
Producción de molestias	No	Sí (según ojiva palatina)
Radiación dispersa	Moderada	Escasa

Fuente: Chimenos⁴

⁴ CHIMENOS, E. Radiología en medicina bucal. Ed: MASSON. Barcelona, España.2005.p.53



4.2 Ortopantomografía

También conocida como radiografía panorámica, es un tipo de examen imagenológico, basado en principios tomográficos, en el cual la imagen resultante es una radiografía seccional producida por un equipo que está en movimiento y como en las formas restantes de tomografía, solo las estructuras dentro del corte resultarán evidentes y estarán enfocadas en la película final.

Los criterios de selección, fueron establecidos en el Reino Unido con la guía *Selection Criteria in Dental Radiography* publicada en 2004, en donde se recomienda el uso de las radiografías panorámicas en las siguientes circunstancias:

- Cuando una lesión ósea o un diente no erupcionado es de un tamaño que no permite la visualización total con radiografías intraorales.
- Para la evaluación la pérdida de hueso periodontal.
- Para la valoración de terceros molares antes de una intervención quirúrgica.
- Como parte de la evaluación ortodóntica.
- Fracturas en mandíbula excepto de la región anterior.
- Patología sinusal, en particular del suelo y de las paredes posterior y medial de los senos.
- Para evaluar la altura del hueso alveolar como parte de la planificación previa a implantes.



Además esta guía establece que sólo se deben obtener ortopantomografías cuando se presentan signos y síntomas clínicos concretos.

4.3 Tomografía Convencional

El término tomografía deriva de *tomo* que significa corte y *graphos* que corresponde a imagen o dibujo.

También conocida como radiografía de sección de cuerpo o radiografía por cortes, es una técnica de diagnóstico especializada que permite realizar cortes del cuerpo a estudiar, los cuales proporcionan la reproducción de estructuras libres de superposiciones.

El Dr. Ricardo Urzúa describe: "...el principio básico de la tomografía convencional consiste en un movimiento sincronizado del tubo de rayos X y la película radiográfica alrededor de un punto fijo en direcciones opuestas, dado que éstos están conectados de forma rígida a través de un enlace mecánico. Con ese movimiento coordinado entre el tubo y film, la imagen de un objeto situado en el punto de apoyo dentro del plano focal permanecerá en una posición fija sobre la película a lo largo del recorrido del tubo, de modo que se visualizará con claridad mientras tanto, los objetos que se sitúen por fuera del plano focal –ya sea por delante o por detrás-, experimentarán cambios constantes de posición de la película, hecho que los hará aparecer borrosos.”⁵

En el área odontológica las indicaciones para la obtención de imágenes tomográficas seccionales convencionales incluyen:

- Evaluación de la altura, grosor y textura de los maxilares previo a la colocación de implantes.

⁵ URZÚA, R. Técnicas radiográficas dentales y maxilofaciales- Aplicaciones. Ed: AMOLCA. Colombia. 2005. p.p: 121-122



- Evaluación postoperatoria de implantes.
- Evaluación de los senos maxilares, incluyendo el desplazamiento de dientes y cuerpos extraños.
- Valoración de fracturas faciales.
- Como exploración adicional de la ATM.
- Evaluación de lesiones patológicas.

4.4 Tomografía Computarizada (TC)

Es un procedimiento de diagnóstico no invasivo por medio del cual obtenemos cortes transversales del cuerpo

El Dr. José Luis del Cura et al menciona: “En esta técnica se requiere la medición de la intensidad de los rayos X que atraviesan diferentes secciones del cuerpo humano en un gran número de direcciones angulares, lo anterior se consigue mediante un conjunto compuesto por un tubo emisor de rayos X y una serie de detectores enfrentados al tubo, que rotan de forma solidaria alrededor del paciente.”⁶

En los equipos de tomografía computarizada el haz de rayos X tiene forma de abanico en el plano axial y la detección de la intensidad del haz que atraviesa al paciente se realiza mediante hileras que contienen cientos de elementos detectores, los cuales transmiten la información a una computadora que se traduce posteriormente para poder formar una imagen.

4.5 Tomógrafo

Es un aparato que hace múltiples radiografías a la vez y desde distintos ángulos.

⁶ DEL CURA, JL et al. Radiología Esencial. Ed: Médica Panamericana. Tomo I. Buenos Aires, Argentina. 2009. p.16



5. TOMOGRAFÍA VOLUMÉTRICA CONE-BEAM (TVCB)

5.1 Definición

El Dr. Carlos Bóveda et al la define como: “una modalidad imagenológica de alto valor diagnóstico que ofrece representaciones tridimensionales precisas y de alta calidad de los elementos óseos en el complejo maxilofacial.”⁷

Patel, por su parte refiere: “La Tomografía Computarizada Cone-Beam (TCCB) ha sido específicamente diseñada para producir información sin distorsión en tercera dimensión del esqueleto maxilofacial, incluyendo dientes y sus tejidos adyacentes con una baja dosis efectiva de radiación comparado con la Tomografía Computarizada Convencional.”⁸

El Dr. Seonab Kim cita a Scarfe et al: “Tomografía Computarizada Cone-beam (TCCB) ha sido desarrollada para proporcionar rasgos anatómicos tridimensionales y es utilizada en el área oral y maxilofacial con un software más sofisticado y simple.”⁹

Mientras que Bornstein et al, hace referencia al artículo de Okan et al donde explica: “La introducción de la tomografía computarizada cone-beam representa un nuevo desarrollo en la radiología maxilofacial y precipita un cambio de dos a tres dimensiones en la adquisición de información, la reconstrucción de imágenes y su visualización.”¹⁰

⁷ BÓVEDA, C. et al. Tomografía Volumétrica Digital. Hallado en: <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>

⁸ PATEL, S. New dimensions in endodontic imaging. Part 2. Cone beam computed tomography. International Endodontic Journal. Wiley. Volumen: 42. 2009. p. 463

⁹ KIM, S. Endodontic Application of Cone-Beam Computed Tomography in South Korea. JOE. Elsevier. Volumen: 38. Número: 2. Febrero 2012. p. 153

¹⁰ BORNSTEIN, MM et al. Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Computed Tomography in Mandibular Molars for Analysis of Anatomical Landmarks before Apical Surgery. JOE. Elsevier. Volumen 37. Número: 2. Febrero 2011. p. 151



Por lo tanto la Tomografía Volumétrica Cone-Beam, también conocida como Tomografía Computarizada Cone-Beam o Tomografía Volumétrica Digital, es una técnica imagenológica innovadora que está diseñada para hacer una reconstrucción en tercera dimensión, clara y libre de superposiciones del área maxilofacial, en donde se incluyen los órganos dentarios y los tejidos circundantes, para la evaluación de estas estructuras siendo así un eficiente método auxiliar de diagnóstico.

5.2 Diferencias entre Tomografía Volumétrica Cone-Beam y Tomografía Convencional

La Tomografía Convencional muestra cortes consecutivos del área escaneada, mientras que los datos recolectados por la Tomografía Volumétrica Cone-Beam es procesada por medio de una computadora que produce una reconstrucción del volumen que se está estudiando. La resolución y el detalle de las imágenes obtenidas será determinada por vóxeles, que son considerados los pixeles tridimensionales; permitiendo así un evaluación dinámica de la información al explorar simultáneamente el objeto en dirección transversal, frontal, sagital y con ello revelar las estructuras que no son visibles en técnicas imagenológicas de dos dimensiones.

5.3 Diferencias entre Tomografía Volumétrica Cone-Beam (TVCB) y Tomografía Computarizada (TC)

La diferencia más importante que existe entre estas dos técnicas es el haz de radiación y la imagen que producirán. En la Tomografía Volumétrica Cone-Beam se utiliza un haz de Rayos X de forma cónica (de ahí su nombre) adquiriendo así el volumen total de la imagen con una sola rotación de 360° del paciente, (Fig.4) mientras que en la Tomografía Computarizada los rayos son paralelos entre sí y como ya se describió anteriormente, el haz se presenta en forma de abanico y gira alrededor de un aro de detectores, al

mismo tiempo que el paciente es rotado continuamente por una mesa que pasa dentro del aro antes mencionado. (Fig.5)

Fig. 4 Haz de rayos en los tomógrafos computarizados.



Fuente: González¹¹

Fig.5 Haz de rayos en los tomógrafos Cone-Beam.



Fuente: González¹²

5.4 Dosis de Radiación

Una de las razones por las cuales no era conveniente utilizar tomografía, ya sea convencional o computarizada en odontología era la elevada dosis de radiación que éstas presentaban.

Bóveda et al, explica que en la Tomografía Volumétrica Cone-Beam los rayos se emiten en forma intermitente y el campo visual es más reducido, lo que conlleva a una disminución de la dosis de radiación absorbida por el

¹¹ GONZÁLEZ, E. Tomografía Cone-Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas. Ed: Ripano. Madrid, España. 2011.p.23

¹² IDEM.



paciente, que da como resultado un tiempo de examinación menor a 1 minuto.

En la Tomografía Computarizada el haz de rayos X se emite en forma continua, el campo visual es más amplio y el tiempo de examinación es aproximadamente 20 minutos, lo que provoca que la dosis absorbida por el paciente sea 15 veces más alta.

Cuadro 2. Comparación de dosis de radiación.

Referencia	Serie Completa	Ortopantomografía	TC	TVCB
BORNSTEIN			768.88 μ Sv	29.62-101.46 μ Sv
COTTON	33 - 84 μ Sv	4.7 – 14.9 μ Sv		50.3 μ Sv
ESTÉVEZ			1400 μ Sv	50 μ Sv
JAMES	33-84 μ Sv	6 μ Sv	2100 μ Sv (ambos maxilares)	57 μ Sv

5.5 Producción de la imagen

5.5.1 Configuración de la adquisición

El equipo orbita de forma parcial o completamente y el generador de rayos X gira simultáneamente junto al área de detección alrededor de la cabeza de paciente. (Fig.6)



- Generación de rayos X.

En la exposición del paciente lo más común es utilizar un haz de radiación continuo durante la rotación, para que el detector tome muestras constantes de lo atenuado por dicho haz durante su trayecto. Esta emisión continua no interviene en la formación de la imagen y además provoca una gran exposición de radiación para el paciente.

Para la solución de este problema, el equipo suele usar un haz pulsado de kilovoltio alto (90-110Kv) para que el tiempo de exposición sea menor al tiempo total de la examinación. Por ejemplo si el escaneo dura 20 segundos el paciente estará expuesto a la radiación solo por 3,5 segundos.

- Campo de visión.

Se le denomina a las imágenes de volumen cilíndrico o esférico obtenidas en un ciclo o escaneo. El tamaño del campo visual dependerá de la maquina utilizada.

La colimación del haz primario de rayos X limita la exposición de la región de interés y así asegura que se pueda seleccionar un excelente campo de visión para cada paciente.

- Factores de exploración.

Durante la examinación se realizan exposiciones simples que proporcionan imágenes de dos dimensiones llamadas “crudas”. Cuando se obtiene una serie completa de estas imágenes se le conoce como datos de proyección.

El número de imágenes adquiridas por segundo, la trayectoria y la velocidad de rotación determina el número de imágenes comprendidas en los datos de proyección. Entre más datos se obtengan mayor será la fidelidad de



la imagen. Sin embargo, para obtener una imagen de calidad diagnóstica la cantidad de datos de proyección deberá ser lo más mínima posible.

5.5.2 Detección de la imagen

Esto va a depender del tipo de sensor de imágenes que utilice el equipo de Tomografía Volumétrica Cone-Beam:

- Dispositivo CCD (de transferencia de carga, Charge-coupled devices.)

Este dispositivo permite que una baja intensidad de rayos X sea amplificada y al mismo tiempo almacena y presenta los datos de la imagen, de manera que cada pixel se transforme en una carga eléctrica. Este sistema crea distorsiones geométricas las cuales se deben procesar en la computadora.

- Detector tipo pantalla plana (TFT).

Utiliza un detector indirecto y un área plana cubierta por un material centellador para poder percibir los rayos X. Este material exhibe luminiscencia al pasar él la radiación ionizante, positrones, electrones, iones más pesados o partículas. Lo anterior se debe a que el material absorbe parte de la energía de la partícula incidente siendo remitida en forma de un corto destello de haz. El uso de este tipo de detectores proporciona mayor rango dinámico y no forman distorsiones.

- Sensor CMOS (semiconductor complementario de metal óxido, Complimentary metal oxide semi-conductors)

Están elaborados a base de fibra óptica por medio de la cual convierten las señales que viajan por ésta en impulsos eléctricos, cuando se tiene integrado un conversor digital. Muestra una alta efectividad en su



funcionamiento además de que el consumo eléctrico de estos sensores es menor comparado a los otros.

5.5.3 Reconstrucción de la imagen

Se conoce como reconstrucción cuando los marcos de proyección ya fueron adquiridos y la información debe ser procesada para generar un conjunto de datos volumétricos.

Existen dos tipos de reconstrucción:

- Reconstrucción primaria.

Proceso en el que una vez obtenidos los datos, la computadora recopila la información en vóxeles (0,4 mm x 0,4mm x 0,4mm). “Un escaneo suele contener más de 100 millones de vóxeles.”¹³

- Reconstrucción secundaria.

También conocida como reconstrucción multiplanar, es cuando el programa de computación permite que el operador escoja los vóxeles que desee en cada uno de los planos (sagital, coronal o axial).

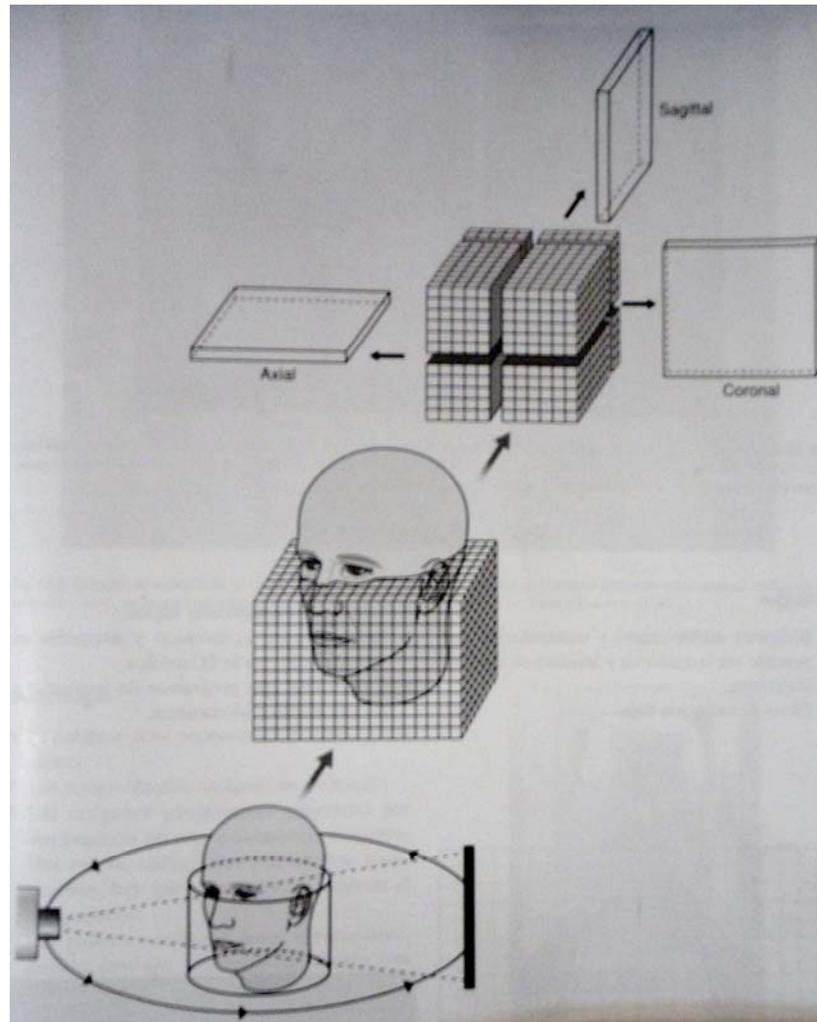
Una ventaja es que la reconstrucción de los datos se realiza en una computadora personal sin necesidad de equipos especiales, como en los tomógrafos computarizados convencionales, para obtener la imagen.

El tiempo de reconstrucción es variado y está determinado por los de los parámetros de adquisición), la velocidad de procesamiento de hardware del equipo y del software (algoritmos de reconstrucción).

“Los equipos de última generación logran la reconstrucción en 2 minutos o menos.”¹⁴

¹³ WHAITES, E. Op.Cit.p.196

Fig.6 Esquema del concepto básico de TVCB. Se usa un haz de rayos X de forma cónica que gira una vez alrededor del paciente y almacena información en volumen cilíndrico. Se ubica el esqueleto maxilofacial dentro del cilindro y se lo divide en minúsculos cubos o vóxeles. La reconstrucción multiplanar de los datos obtenidos permite separar las imágenes en los planos creados: sagital, coronal y axial.



Fuente: Whites¹⁵

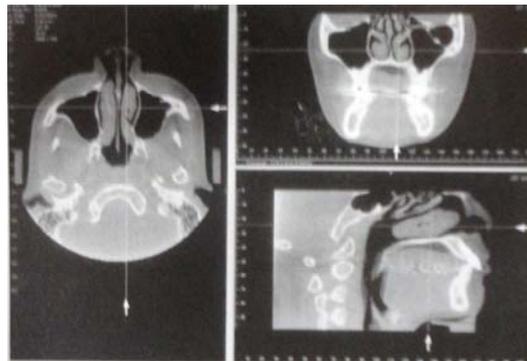
¹⁴ BÓVEDA, C. Op. Cit.

¹⁵ WHAITES, E. Op. Cit. p.197

5.5.4 Exhibición de la imagen

Cuando el volumen se obtiene, éste es presentado al operador en una pantalla con una reconstrucción volumétrica y en tres planos ortogonales: axial, coronal y sagital. (Fig.7) (Fig.8)

Fig.7 Ejemplo de la pantalla de monitor i-CAT presentando los tres planos simultáneamente.



Fuente: Whaites¹⁶

Fig.8 Ejemplo de pantalla de monitor Galileos (Sirona, Germany) donde se observa, imágenes panorámicas tridimensionales del cráneo.



Fuente:Whaites¹⁷

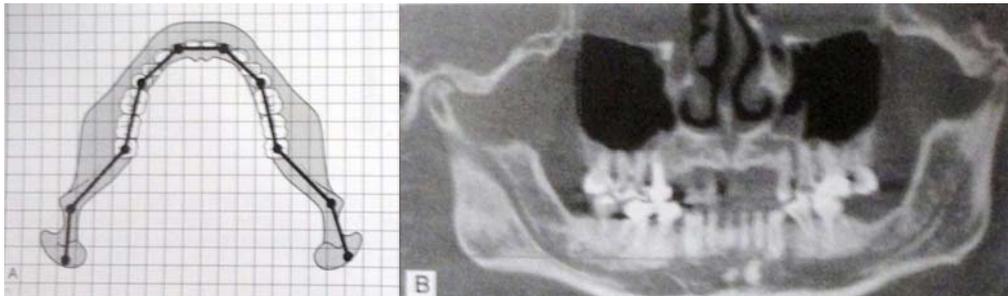
¹⁶ WHAITES,E. Op. Cit.p.198

¹⁷ IBIDEM. p.199

“Al seleccionar y mover las líneas del cursor en una imagen, por ejemplo la sagital, automáticamente se alteran los otros dos cortes, coronal y axial reconstruidos, permitiendo así que las imágenes puedan deslizarse en tiempo real.”¹⁸

Cabe mencionar que la reconstrucción multiplanar permite también seleccionar vóxeles en otros planos esto es, si graficamos la curvatura y la forma del arco el ordenador construirá una imagen panorámica compuesta por vóxeles que coinciden con la forma del arco que se graficó. (Fig.9)

Fig.9 Esquema de cómo el trazado de la forma del arco identifica los vóxeles requeridos para que la computadora genere una imagen panorámica.



Fuente: Whaites¹⁹

5.6 Tipos de equipo para Tomografía Volumétrica Cone-Beam

Los equipos para Tomografía Volumétrica Cone-Beam (TVCB) se clasifican de acuerdo a dos criterios:

- Posicionamiento del paciente: Los volúmenes de la región maxilofacial se pueden obtener básicamente en tres posiciones: acostado, de pie o sentado. (Fig. 10) “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

¹⁸WHAITES,E. Op. Cit. p.196

¹⁹ IBIDEM. p.198

pacientes se sientan son las más cómodas, sin embargo, son de acceso restringido (sillas de ruedas, discapacitados). Los equipos donde el paciente se mantiene de pie suelen ser las 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.”²⁰

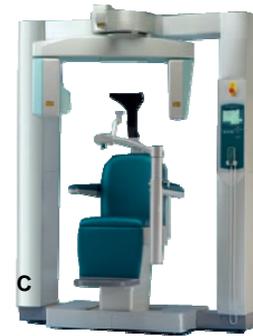
Fig. 10 Posiciones básicas para la obtención del volumen. A Acostado. B De pie. C Sentado.



Fuente ²¹



Fuente ²²



Fuente ²³

- Volumen de adquisición: En base a la relación altura-diámetro del volumen los equipos se pueden clasificar en: localizados o de campo reducido (menor a 5 cm), arco individual (5 a 7 cm), interarcada (7 a 10 cm), maxilofacial (10 a 15 cm), cráneo-facial (más de 15 cm). Cuando el área de adquisición es menor hay una mayor resolución de la imagen. Por ejemplo, los equipos con un campo visual grande, ya sea de 15 o mayor son ideales para cefalometrías volumétricas debido a que muestran todo el macizo facial; por otro lado, “los de campo visual

²⁰ BÓVEDA, C. Op. Cit.

²¹ Hallado en: <http://www.aadmrt.com/static.aspx?content=currents/3D2003>

²² Hallado en: <http://www.dentalcosmetic.com/Dental%20Technology/digitalxray/>

²³ Hallado en:
http://www.morita.com/usa/cms/website.php?id=/en/products/dental/diagnostic_and_imaging_equipment/3d_accuimo_80html

mediano abarcan aproximadamente el 45% del macizo facial por lo que son eficaces para una vista amplia de panorámicas y en la evaluación del área en implantología. Los equipos de campo visual pequeño, cubren áreas específicas, como por ejemplo seno maxilar, ATM y por consiguiente permite detallar la zona de interés.

Existen varios modelos de TVCB que están desarrollados para el área odontológica, entre ellos se encuentran: Galileos 3D (Sirona, Germany), Scanora 3D (Soredex, Tuusula), 3D AccuiTomo –xyz (J. Morita, Kyoto), Next Generation I-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield), NewTom 3G (QR SLR, Verona), de éste último se hablará a continuación. Todas las marcas ofrecen sus propias innovaciones, ergonomía y facilidad de uso.

5.6.1 NewTom 3G (QRSLR, Verona)

El tomógrafo NewTom 3G consta de cuatro componentes principales: a) el escáner, b) la camilla del paciente, c) la estación del escáner d) la estación de reconstrucción. (Fig. 11)

Fig. 11 Tomógrafo NewTom 3G.



Fuente²⁴

²⁴Hallado en: www.afpimaging.com

La posición más eficaz para realizar la exploración es el paciente recostado cómodamente sobre la camilla. Para poder posicionar al paciente se utiliza los láser de alineación de arriba y lateral, además de las vistas exploratorias frontales y laterales. (Fig.12)

Fig. 12 Posición del paciente.



Fuente²⁵

La duración del escaneo es de sólo 36 segundos siendo solamente una exposición a la radiación de 5.4 segundos. La intensidad de los rayos X varía cada 10°, ajustando la radiación para una mejor calidad de imagen. Se toman un total de 360 rayos X individuales, una por cada grado de rotación del escáner.

Cuando el escaneo ha finalizado, el programa NewTom reconstruye las 360 imágenes transfiriéndolas a una base de datos 3D el cual representa la anatomía del paciente. El volumen reconstruido consiste en una serie de imágenes axiales, en la que su grosor puede ser graduado de .2mm a 5mm.

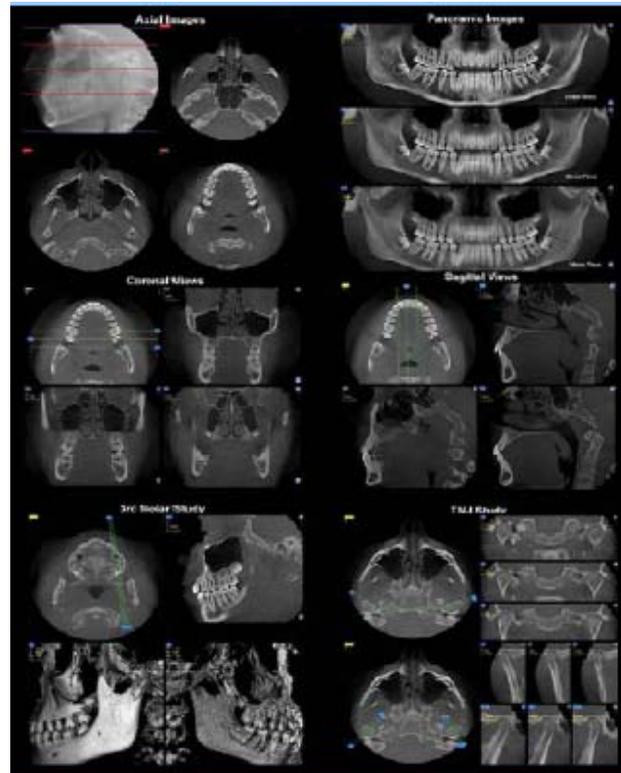
Además ofrece la posibilidad de elegir diferentes campos de visión (FoV siglas en inglés), que permite disponer de imágenes con diferente resolución, y con ello ajustarse a los requerimientos específicos de cada especialista. (Fig. 13)

Los datos obtenidos son exportados a un formato estándar llamado DICOM 3.0, esto permite al NewTom 3G utilizar el volumen en otros

²⁵ Hallado en: <http://www.nature.com/bdj/journal/v200/n1/full/4813166a.html>

programas independientes que se encuentren disponibles en el mercado actual.

Fig. 13 Visualización para todas las especialidades.



Fuente ²⁶

5.7 Aplicaciones en Odontología

5.7.1 Ortodoncia

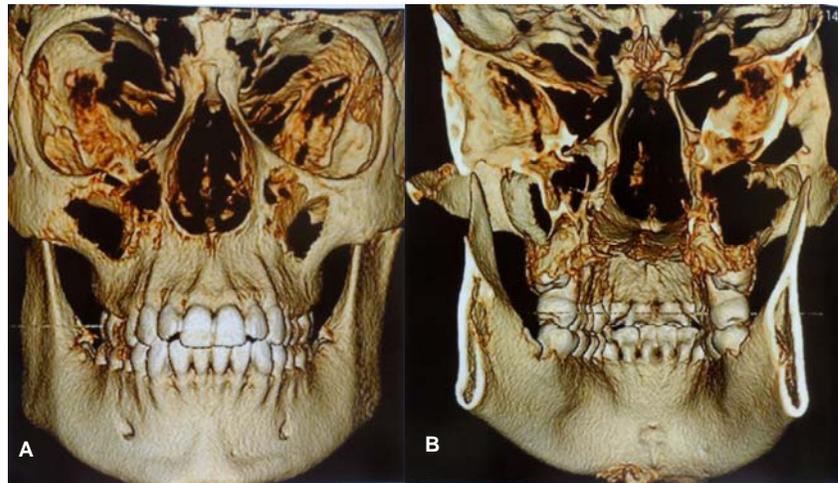
“La tomografía Cone Beam abre un nuevo mundo y posibilidades infinitas para su uso en ortodoncia”²⁷, debido a que posibilita la evaluación de cada uno de los casos en tercera dimensión para poder llegar a un diagnóstico, además sirve como apoyo visual facilitando la explicación

²⁶ Hallado en: www.afpimaging.com

²⁷ GONZÁLEZ, E. Op.Cit.p.63

detallada a los pacientes acerca de su padecimiento actual y el tratamiento que se le brindará. (Fig.14)

Fig.14 Reconstrucciones tridimensionales pueden ser apoyo importante para la enseñanza de las estructuras anatómicas. A. Corte 3D Vista Frontal. B. Corte 3D Vista Posterior.



Fuente: González²⁸

De esta forma, se puede valorar el ancho de la cortical ósea para decidir si se realiza expansión dentoalveolar o si es necesario colocar aparatología para disyunción o bien verificar si el tratamiento deseado se consiguió.

De igual forma se pueden evaluar las vías aéreas superiores en aquellos pacientes respiradores bucales o que presenten crecimiento vertical para descartar alguna obstrucción de senos frontales y paranasales, desviación de tabique nasal o hipertrofia de cornetes.

Además los trazados cefalométricos se pueden realizar en las reconstrucciones 3D, (Fig.15) incluso se generan imágenes de ambas arcadas para realizar las respectivas mediciones.

²⁸ GONZÁLEZ, E. Op.Cit. p.p: 69 -70

Fig.15 Ejemplo de trazado cefalométrico de Roth Jaraback en reconstrucción 3D.



Fuente: González²⁹

5.7.2 Implantología

A pesar de que la Implantología dental es una especialidad reciente en el ámbito de la odontología, ha crecido mucho en un lapso relativamente corto esto se debe a los grandes avances tecnológicos en el desarrollo de materiales de mejor calidad y biocompatibilidad.

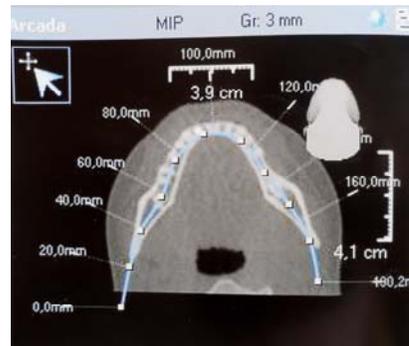
Asimismo la tomografía, que en 1970 marcó el inicio de una nueva era en la medicina y de igual forma en la implantología, esta no es sólo un auxiliar más de diagnóstico sino que también es indispensable para establecer un plan de tratamiento, ya que con ella se logra analizar a detalle las estructuras a implantar, las zonas adyacentes y tejidos comprometidos como lo son el conducto dentario, el piso del seno maxilar entre otros.

Por otro lado permite valorar la densidad ósea, grosor de corticales y sus defectos como dehiscencias o fenestraciones, el volumen de alguna patología.

²⁹ GONZÁLEZ, E. Op. Cit. p.75

Con las siguientes imágenes podemos ejemplificar claramente cómo el programa nos puede dar la información del trayecto completo del nervio. Para empezar debemos trazar un arco sobre la arcada inferior. (Fig.16)

Fig.16 Creación del arco inferior.



Fuente: González³⁰

Al mismo tiempo que se generó el arco, en otra pantalla aparecerá una imagen panorámica que dará énfasis a la anatomía, de forma que permite localizar cada punto blanco en la pantalla donde se creó el arco hasta visualizar los canales del nervio dentario inferior. (Fig.17)

Fig.17 Panorámica para visualizar el canal del nervio.



Fuente: González³¹

Ya que se ubicó la trayectoria del nervio, se señala todo el canal desde su inicio hasta su final para que posteriormente podamos acceder a diferentes visiones del mismo. (Fig.18)

³⁰ GONZÁLEZ, E. Op.Cit.p.138

³¹ IDEM.

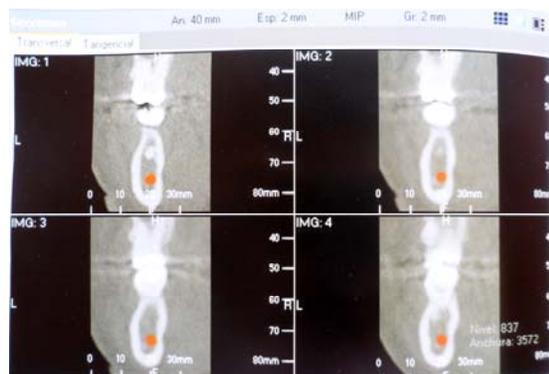
Fig.18 Señalización del canal del nervio derecho e izquierdo.



Fuente: González³²

También se pueden generar vistas transversales, las cuales son útiles debido a que se generan en toda la arcada y en una sola ventana se pueden observar varios cortes en diferente sección de ésta. (Fig.19)

Fig.19 Vista transversal del nervio.



Fuente: González³³

Al igual podemos ver sólo un corte de la zona con el que es posible medir la distancia existente entre la cresta ósea y el nervio dentario inferior para así determinar la longitud del implante. (Fig.20)

³² GONZALEZ, E. Op. Cit. p.139

³³ IBIDEM.p.140

Fig.20 Medida de la cresta alveolar al nervio dentario inferior.



Fuente: González³⁴

Al obtener una reconstrucción del macizo facial en 3D "...ésta se puede seccionar conforme a las necesidades de los implantes, es decir, que podemos obtener un segmento óseo por cada sitio en donde se desee colocar un implante para así analizar individualmente el área receptora de este."³⁵

5.7.3 Patología Bucal

El uso de la imagenología como auxiliar de diagnóstico es esencial en patología, desde una radiografía panorámica hasta el uso de la Tomografía Volumétrica Cone-Beam ya que por medio de estos podemos localizar y estudiar el área afectada, por ejemplo cambios de tamaño, trabeculado, si se respetan las corticales, si hay infiltración en tejidos blando, si está asociado a un órgano dentario o desplazamiento de éste, rizoclasia, etcétera.

³⁴ GONZÁLEZ, E. Op. Cit. p.141

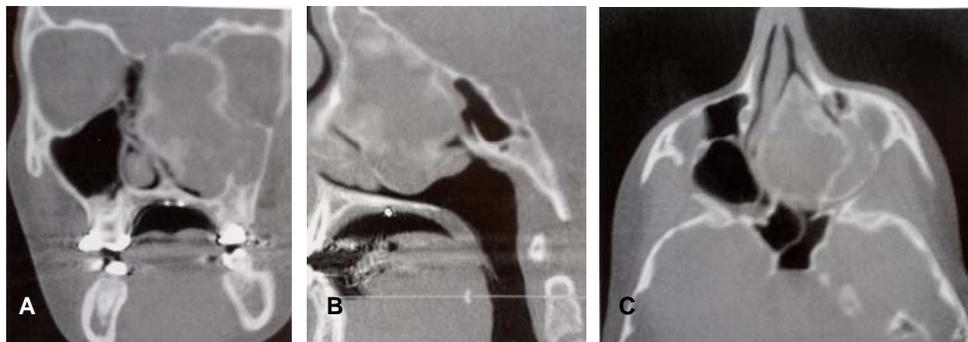
³⁵ IBIDEM. p.137

“Es de vital importancia señalar que la interpretación imagenológica de las lesiones y el diagnóstico de las mismas representa un desafío diario para la práctica clínica que se complica pues muchas lesiones son parecidas.”³⁶

Un ejemplo de la aplicación de la Tomografía Volumétrica Cone-Beam en patología lo podemos apreciar en el siguiente caso clínico:

Paciente femenina de 16 años de edad, que en los cortes tomográficos se observa un aumento de volumen que abarca totalmente la cavidad nasal izquierda y parcialmente la derecha, el seno paranasal izquierdo, el seno frontal y la órbita del mismo lado. (Fig. 21)

Fig.21 Cortes tomográficos. A Frontal. B Sagital. C Axial.



Fuente: González³⁷

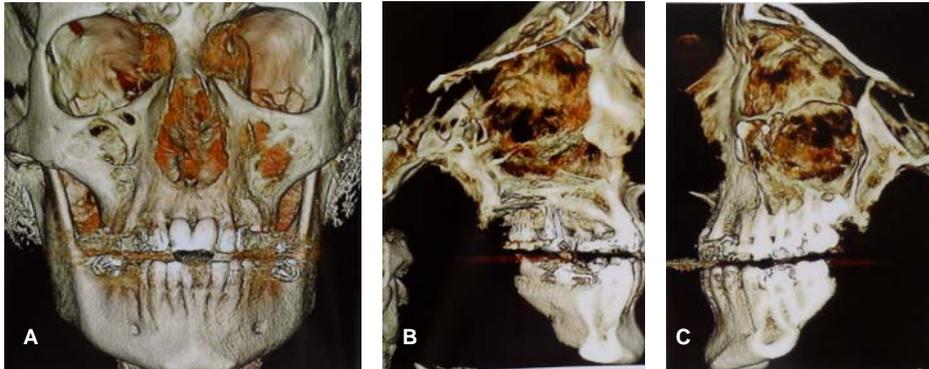
Se generaron volúmenes y cortes 3D con la finalidad de evaluar la posibilidad de intervención y resección del proceso patológico, además de observar el perímetro de la lesión. (Fig.22)

Se llegó a un diagnóstico diferencial de fibroma osificante juvenil.

³⁶ GONZÁLEZ, E. Op.Cit.p.159

³⁷ IBIDEM. p.181

Fig. 22 A Volumen 3D frontal. B Corte tomográfico sagital derecho. C Corte tomográfico sagital izquierdo.



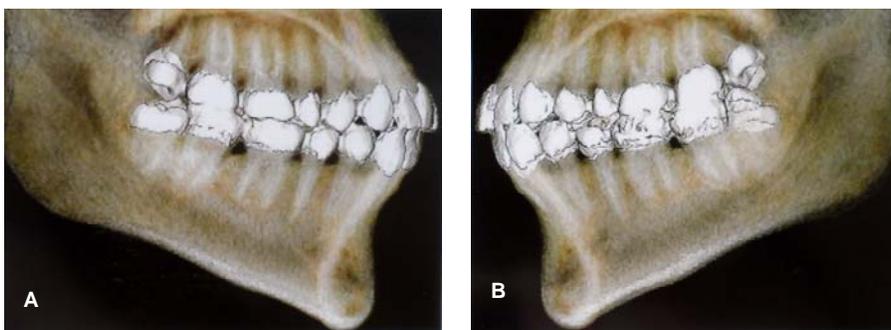
Fuente: González³⁸

5.7.4 Cirugía Maxilofacial

Esta tecnología también puede ser utilizada en el campo de la cirugía maxilofacial con resultados positivos ya que con ella es posible apreciar las estructuras adyacentes de la zona a operar para llevar a cabo un diagnóstico por medio de la evaluación visual detallada.

Ejemplo de ello es se puede apreciar en la Figura 23 donde se hace una reconstrucción 3D para valorar la cirugía de terceros molares. (Fig.23)

Fig.23 Reconstrucción 3D. A Vista sagital derecha. B Vista sagital izquierda.



Fuente: González³⁹

³⁸ GONZÁLEZ, E. Op.Cit.p.p:182 - 183

³⁹ IBIDEM.p.231

Ambas vistas sagitales muestran el tamaño y la forma de la raíz de los terceros molares y al mismo tiempo revelan el trayecto del nervio dentario inferior el cual parece estar cercano a la raíz. Para verificar esto se realizan cortes panorámicos. (Fig.24)

Fig.24 Ubicación del nervio dentario inferior.



Fuente: González⁴⁰

También se tiene la opción de observar en un corte tomográfico seccional transversal como las raíces están en contacto directo con el nervio por lo que se debe de tener cuidado en el momento de la cirugía para no ocasionar alguna lesión a éste. (Fig.25)

Fig.25 Corte tomográfico seccional transversal.



Fuente: González⁴¹

⁴⁰ GONZÁLEZ, E. Op.Cit.p.232

⁴¹ IBIDEM.p.233

5.7.5 Evaluación de la articulación temporomandibular (ATM)

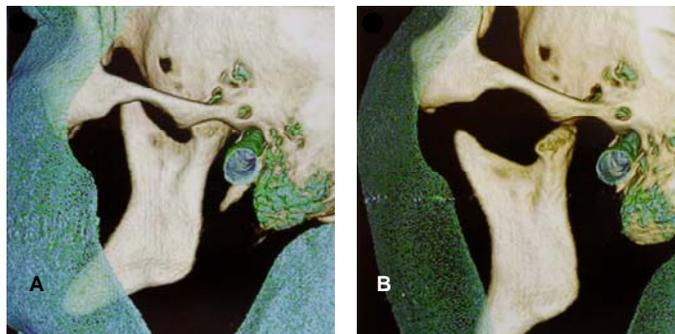
“El examen de la ATM debe ser metódico y minucioso”⁴² por lo que se debe hacer en dos partes:

La primera será con base a la sintomatología en donde se incluye la anamnesis que engloba todas aquellas preguntas para encontrar signos y síntomas de alguna patología. Además de realizar un examen dental se auscultara y palpara la ATM y evaluaremos los movimientos mandibulares.

El otro examen es el imagenológico que va desde una radiografía panorámica a una antero posterior transorbital, la limitación de estos estudios es que nos proporcionan imágenes bidimensionales que no permiten una observación adecuada de las estructuras.

Es por esta razón que la Tomografía Volumétrica Cone-Beam es una gran alternativa para el diagnóstico de trastornos propios de la Articulación Temporomandibular porque permite acceder a múltiples imágenes en los tres planos del espacio y sin superposición de estructuras. (Fig. 26) (Fig.27)

Fig.26 A ATM boca cerrada lado izquierdo. B ATM boca abierta lado izquierdo.

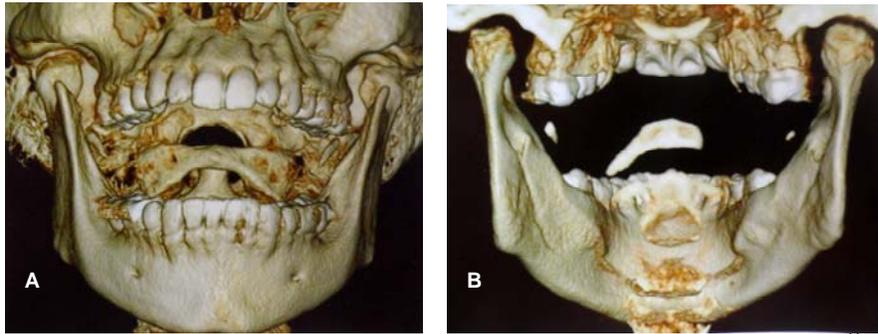


Fuente: González⁴³

⁴² GONZÁLEZ, E. Op.Cit.p.31

⁴³ IBIDEM. p.p: 41-42

Fig.27 A ATM boca abierta vista anterior. B ATM boca abierta vista posterior.



Fuente: González⁴⁴

5.8 Aplicaciones en Endodoncia

El campo de la endodoncia se ha beneficiado por el desarrollo de esta tecnología, debido a que ofrece información relevante que no es posible obtener en una radiografía dentoalveolar. La Tomografía Volumétrica Cone-Beam tiene potenciales aplicaciones como son: análisis de la anatomía del conducto radicular, identificación de lesiones de tipo endodóntico, diagnóstico de fracturas radiculares, diagnóstico de resorciones, evaluación anatómica pre-quirúrgica y en el diagnóstico de fracasos y complicaciones.

5.8.1 Análisis de la anatomía del conducto radicular

La importancia de conocer la anatomía del conducto radicular es un factor indispensable para lograr un correcto diagnóstico y una buena conformación del sistema de conductos lo que nos llevará a una limpieza adecuada y por lo tanto a un tratamiento exitoso.

La diversidad en variaciones de la anatomía del conducto radicular suele ser un obstáculo para el odontólogo ya que deberá valorar detalladamente cada caso para poder hacer un diagnóstico adecuado. Para ello debe utilizar todas las herramientas que están a su alcance como lo es la

⁴⁴ GONZÁLEZ, E. Op.Cit.p.48



radiografía dentoalveolar la cual proporciona una imagen en dos dimensiones lo que limita en ocasiones su interpretación.

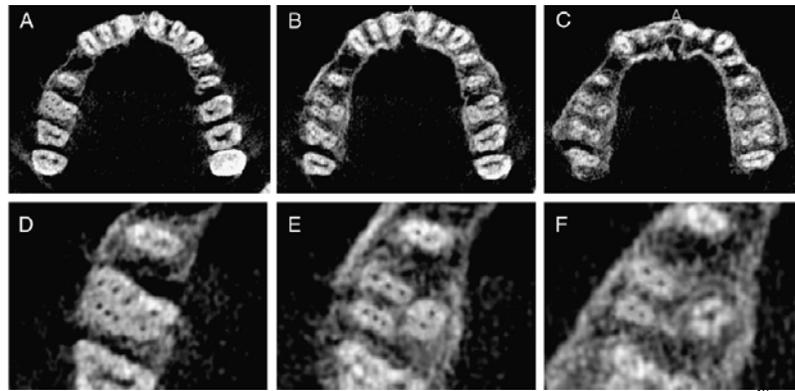
En 1990 Tachibana y Matsumoto sugirieron por primera vez el uso de la tomografía como método de estudio del sistema de conductos radiculares pero reportaron que su uso era muy limitado debido a la pobre resolución de las imágenes, elevada dosis de radiación y su alto costo.

Años más tarde la tecnología de la Tomografía Volumétrica Cone-Beam fue considerada como una gran alternativa debido a las ventajas que ofrecía: un menor costo, menor dosis de radiación y una excelente calidad de imagen en tres dimensiones.

El Dr. Kottoor reporta un caso inusual de un primer molar superior con tres raíces y ocho conductos (tres mesiovestibulares, tres distoalveolares y dos palatinos) los cuales fueron confirmados con la TVCB (Fig.28) después de haber sido evaluados por medio de una radiografía convencional que no indicaba alguna variación en la anatomía del conducto radicular (Fig.29) y posteriormente con un microscopio endodóntico con el que fueron localizados la mayoría de los conductos.(Fig.30) Kottoor menciona al respecto: “El uso de microscopio electrónico y TVCB en casos endodónticos desafiantes facilita una mejor comprensión de la compleja anatomía del conducto radicular, que permite al clínico explorar, limpiar, conformar y obturar de forma más eficiente el sistema de conductos radiculares.⁴⁵” (Fig.31)

⁴⁵ KOTTOOR, J et al. Endodontic Management of a Maxillary First Molar with Eight Root Canal Systems Evaluated Using Cone-beam Computed Tomography Scanning: A Case Report . JOE. Elsevier. Volumen: 37.Número: 5. Mayo 2011. p.715

Fig.28 (A-C) Cortes axiales del maxilar superior. A. Cervical. B. Medio. C. Apical. (D-F) Acercamiento de los cortes axiales en el OD 26. D. Cervical. B. Medio. C Apical.



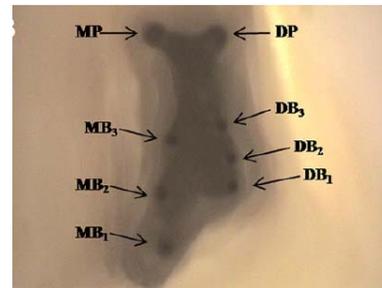
Fuente: Kottoor⁴⁶

Fig.29 Radiografía inicial O.D 26



Fuente: Kottoor⁴⁷

Fig.30 Acceso endodóntico.



Fuente: Kottoor⁴⁸

Fig.31 Radiografía Final. Obturación de los ocho conductos.



Fuente: Kottoor⁴⁹

⁴⁶ KOTTOOR, J. et al. Op.Cit. p. 718

⁴⁷ IBIDEM. p 717

⁴⁸ IDEM.

⁴⁹ IDEM

Un caso clínico similar fue el del Dr. Sung-Ho La en el que describe como con ayuda de la Tomografía Volumétrica Digital Cone-Beam fue posible la identificación de un conducto medio mesial en un primer molar inferior derecho. Cuando se preparó el acceso se encontraron inicialmente cuatro conductos el mesiovestibular, mesiolingual, distovestibular y distolingual (Fig. 32). Posteriormente se realizó el trabajo biomecánico y al hacer la conometría parecía verse un ápice radiográfico adicional lo que apuntaba a la presencia de un conducto más en la raíz mesial. (Fig. 33)

Se llevó a cabo el escaneo y se obtuvieron los cortes tomográficos que sólo confirmaron la presencia de otro conducto totalmente independiente. (Fig. 34)

Además se evaluó el corte correspondiente al primer molar del lado izquierdo ya que estas variaciones anatómicas suelen presentarse bilateralmente. (Fig. 35)

Fig. 32 Acceso inicial que muestra dos conductos en la raíz mesial



Fuente: La⁵⁰

⁵⁰ LA, S. et al. Identification of Independent Middle Mesial Canal in Mandibular First Molar Using Cone-Beam Computed Tomography Imaging. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 3. Marzo 2010. p. 543

Fig. 33 Radiografía correspondiente a la conometría que evidencia la posibilidad de un conducto adicional en la raíz mesial.



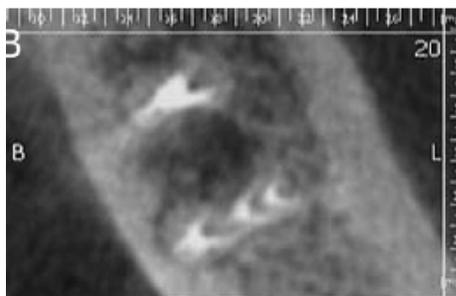
Fuente: La⁵¹

Fig. 34 Corte tomográfico O.D 36 que revela tres conductos mesiales independientes.



Fuente: La⁵²

Fig. 35 Corte tomográfico transversal del O.D 46 que presenta tres conductos mesiales obturados.



Fuente: La⁵³

⁵¹ LA, S. et al. Op. Cit. p. 543

⁵² IDEM.

⁵³ IBIDEM. p. 544



El Dr. La, menciona al respecto: “La detección de conductos adicionales requiere una inspección cuidadosa clínica y radiográfica. Herramientas de diagnóstico como múltiples radiografías, una cuidadosa examinación del piso pulpar con un explorador, y el uso de un microscopio para una mejor visualización son importantes para la detección de conductos adicionales-.”⁵⁴ y agrega: “La evaluación de imágenes TCCB puede proporcionar un mejor entendimiento de la anatomía del conducto radicular que capacita al clínico a investigar sobre la anatomía del sistema radicular y con ello limpiar, conformar y obturar eficientemente”.⁵⁵

El Dr. Cotton explica: “La mayor ventaja de la TVCB es la eliminación de superposición de estructuras anatómicas como lo es la cortical u otras estructuras que están detrás. Adicionalmente el clínico tiene la habilidad de ver las imágenes en planos axiales y proximales.”⁵⁶ Estas ventajas son determinantes ya que permite evaluar la anatomía del conducto radicular y lo ejemplifica con un caso clínico: Paciente que al ser valorado con la TVCB para la colocación de implantes de los O.D 35 y 37 se identifica la presencia de una raíz distolingual completamente independiente (Fig.36) y por lo tanto su correspondiente conducto asociado a una lesión perirradicular (Fig.37) en el O.D 36 con previo tratamiento de conductos.

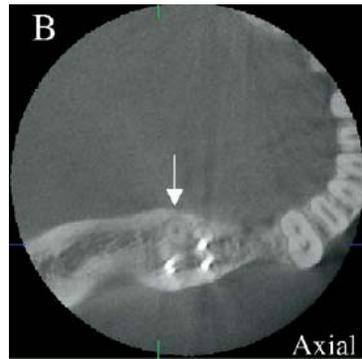
Posteriormente se decidió realizar el retratamiento de dicho diente y fueron obturados satisfactoriamente. (Fig. 38)

⁵⁴ LA, S. et al.Op. Cit. p. 544

⁵⁵ IDEM.

⁵⁶ COTTON, T. et al. Endodontic Applications of Cone-Beam Volumetric Tomography. JOE. Elsevier. Volumen: 33. Número: 9. Septiembre 2007. p.1128

Fig. 36 Corte axial del O.D 36 donde se observa el conducto distolingual sin tratamiento.



Fuente: Cotton⁵⁷

Fig. 37 Corte sagital que revela la presencia de una lesión perradicular asociada al conducto distolingual.



Fuente: Cotton⁵⁸

Fig. 38 Radiografía dentoalveolar del retratamiento que incluye la obturación del conducto distolingual.



Fuente: Cotton⁵⁹

⁵⁷ COTTON, T. et al. Op.Cit. p. 1123

⁵⁸ IDEM.

⁵⁹ IDEM.



El Dr. Carlos Estrela refiere: “La severidad de la curvatura del conducto radicular es esencial para la selección del instrumento y técnica de instrumentación. El diagnóstico y planeación del tratamiento de conductos tradicionalmente se ha basado en radiografías periapicales. Sin embargo la alta exactitud de las imágenes TCCB en la identificación de la anatomía y de alteraciones patológicas comparada con radiografías panorámicas y periapicales ha demostrado reducir la incidencia de resultados falsos-negativos.”⁶⁰

El Dr. Neelakantan cita a Grossman: “La falta de identificación de conductos extras es una de las razones más comunes de fracaso en tratamientos endodónticos”⁶¹. Por ello en su estudio compara la eficacia de seis métodos: diafanización, TVCB, Tomografía Computarizada Espiral, Tomografía Computarizada Cuantitativa Periférica, Radiografía Digital de Medio de Contraste, en la identificación de conductos radiculares.

La diafanización dental es el mejor método para estudiar la anatomía de los conductos radiculares ya que al desmineralizarse el diente y someterlo a un proceso de transparentación permite observar la morfología de manera tridimensional, pero tiene la desventaja que este procedimiento sólo es posible realizarlo en dientes extraídos, por lo tanto en la práctica clínica es poco útil. (Fig.39)

En el estudio de Neelakantan se llega a la conclusión de que la TVCB es una técnica exacta en la identificación de conductos radiculares como lo es la diafanización dental, “El escaneo con TCCB fue erróneo solo en 0.29% en los dientes examinados”⁶²

⁶⁰ ESTRELA, C. et al. Method for Determination of Root Curvature Radius Using Cone- Beam Computed Tomography Images. Brazilian Dental Journal. Volumen: 19. Número: 2. p. 114

⁶¹ NEELAKANTAN, P. et al. Comparative Evaluation of Modified Canal Staining and Clearing Technique, Cone-Beam Computed Tomography, Peripheral Quantitative Computed Tomography, Spiral Computed Tomography, and Plain and Contrast Medium- Enhanced Digital Radiography in Studying Root Canal Morphology. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 9. Septiembre 2010. p. 1550

⁶² IDEM

Fig. 39 Diafanización dental



Fuente⁶³

El Dr. Ryan Matherne estudió el uso de la Tomografía Volumétrica Cone-Beam como una herramienta para la identificación de conductos radiculares por medio de la comparación de ésta con técnicas de radiografía digital como son los sensores de tipo CCD (Charge Coupled Device) o dispositivo de transferencia de carga y de placa de fósforo fotoestimulable (PSP). Se auxilió de diferentes endodoncistas encargados de evaluar los estudios imagenológicos y todos ellos identificaron correctamente el 100% del número de conductos con la TVCB. (Cuadro 3). Con estos datos llegó a la conclusión de que la TVCB identifica un mayor número de conductos que con técnicas CCD y PSP, lo cual se demuestra en el cuadro 4.

La TVCB es una herramienta de diagnóstico para la identificación y exploración del sistema de conductos radiculares, que para demostrar su gran utilidad ha sido comparada con otros estudios imagenológicos siendo el más preciso de todos e incluso ha sido considerado igual de exacto que la diafanización. Por lo tanto ha resultado ser muy eficaz debido a las características que provee.

⁶³ Hallado en: <http://endodoncialdia.blogspot.mx/>



Cuadro 3. Número total de conductos identificados correctamente con los tres métodos radiográficos.

Endodoncista evaluador	CCD (%correcto)	PSP (%correcto)	CCD & PSP (%correcto)	TVCB
1	80	81	81	100
2	78	76	77	100
3	77	84	81	100
Todos	78	80	79	100

Fuente: Matherne⁶⁴

Cuadro 4. Promedio del número de conductos identificados con los tres métodos radiográficos.

Tipo de diente	Promedio del No. de conductos identificados con CCD	Promedio de No. de conductos identificados con PSP	Promedio de No. de conductos identificados con TVCB
Incisivos inferiores	1.0	1.3	1.5
Primer Premolar Inferior	1.0	1.1	1.2
Primer molar superior	3.1	3.0	3.6

Fuente: Matherne⁶⁵

4.8.2 Identificación de lesiones de tipo endodóntico

La periodontitis apical es un proceso inflamatorio que se encuentra localizado alrededor del ápice. Se clasifica en dos tipos, el primero es una fase sintomática o aguda y el segundo es asintomático o crónico. Este último se manifiesta solo en radiografías, por lo que será motivo de nuestro estudio.

“El diagnóstico de periodontitis apical (PA) representa una estrategia esencial para determinar la selección del protocolo terapéutico efectivo para el control de infecciones endodónticas.”⁶⁶ Describe el Dr. Estrela y agrega: “PA es consecuencia de la infección del sistema de conductos radiculares,

⁶⁴ MATHERNE, R. et al. Use of Cone- Beam Computed Tomography to Identify Root Canal System In Vitro. JOE. Elsevier. Volumen: 34. Número: 1. Enero 2008. p. 88

⁶⁵ IBIDEM. p. 89

⁶⁶ ESTRELA, C. et al. Accuracy of Cone- Beam Computed Tomography and Panoramic and Periapical Radiography for Detection of Apical Periodontitis. JOE. Elsevier. Volumen: 34. Número: 3. Marzo 2008. p. 273



que involucra etapas progresivas de inflamación y cambios en la estructura del hueso periapical, resultando en una resorción que se identifica en una radiografía como una radiolucidez.”⁶⁷

Las lesiones que observamos en las radiografías pueden ser de diferentes tamaños y aparecen difusas o circunscritas. Como hemos visto la desventaja de una radiografía dentoalveolar es su limitación de proporcionar imágenes en dos dimensiones, por lo que no podemos apreciar el verdadero tamaño de la lesión y por la superposición su relación con estructuras adyacentes. “Otras condiciones, como son variaciones en la morfología apical, la densidad del hueso, angulación de los rayos X, contrastes radiográficos, también influyen en la interpretación radiográfica.”⁶⁸

Estrela llegó a la conclusión de que debido a la reconstrucción tridimensional que proporciona la TVCB, es un método de diagnóstico con elevada precisión en la detección de periodontitis apical en comparación con la radiografía dentoalveolar y la ortopantomografía, esta última tiene el menor porcentaje de casos identificados correctamente con el 27.8% y la anterior a ésta con un 54.5 %. Además las imágenes obtenidas con la Tomografía Volumétrica Cone-Beam proveen información adicional que no se encuentra en la proyección dentoalveolar. (Fig. 40)

El Dr. Cotton opina “La TVCB puede ser usada también para determinar la naturaleza de la lesión periapical.”⁶⁹

⁶⁷ ESTRELA, C. et al. Op. Cit. p.273

⁶⁸ IDEM.

⁶⁹ COTTON, T. et al. Op. Cit. p. 1128

Fig. 40 A. Ortopantomografía. B y C. Radiografías dentoalveolares mostrando una zona periapical normal del O.D 11. D y E. Corte tomográfico en el cual se identifica PA.



Fuente: Estrela⁷⁰

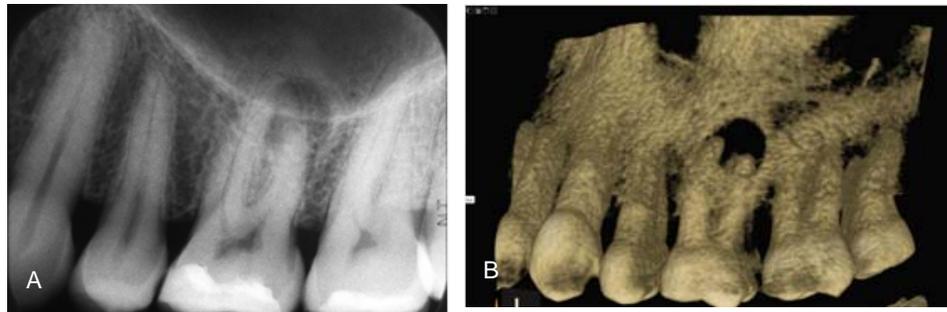
El Dr. Simon coincide en la afirmación anterior, por lo tanto en su estudio hace una comparación entre la biopsia y la TVCB como métodos para establecer un diagnóstico diferencial entre granuloma periapical y quiste mediante el escaneo de diecisiete lesiones radiolúcidas localizadas en la zona periapical usando la escala de valores grises. Los conductos afectados fueron limpiados, conformados y obturados. Posteriormente las lesiones se removieron por medio de cirugía apical y se realizó estudio histopatológico a cada una de ellas. Con los resultados obtenidos Simon concluye “Trece de 17 tuvieron el mismo diagnóstico con TCCB y biopsia, cuatro de 17 tuvieron

⁷⁰ ESTRELA, C. et al. Op. Cit. p. 278

un diagnóstico diferente. Estas cuatro fueron catalogadas como “quiste” por el TCCB y periodontitis apical crónica por el patólogo.”⁷¹

Como hemos visto la TVCB es bien aceptada como herramienta de diagnóstico por lo que Paula- Silva menciona “Ha sido reportado que la tomografía computarizada cone-beam (TCCB) detecta lesiones periapicales en muchos casos en los que la radiolucidez periapical estaba ausente en la radiografía periapical.”⁷² Además hace referencia a Lofthang – Hansen, el cual comparó la radiografía dentoalveolar con la TVCB, “Cincuenta y tres lesiones fueron detectadas usando ambas técnicas. Adicionalmente 33 lesiones fueron detectadas solamente con TCCB”⁷³ (Fig. 41)

Fig. 41 Visualización de una lesión de tipo endodóntico. **A** Radiografía Dentoalveolar. **B** Reconstrucción tridimensional TVCB



Fuente: Bóveda⁷⁴

El campo de estudio en la investigación del Dr. Paula- Silva fue el periápice de dientes de perros que fueron examinados con TVCB, radiografía dentoalveolar y estudio histopatológico con el objetivo de determinar cuál de todos estos métodos auxiliares de diagnóstico tiene mayor exactitud. La

⁷¹ SIMON, J. et al. Differential Diagnosis of Large Periapical Lesions Using Cone-Beam Computed Tomography Measurements and Biopsy. JOE. Elsevier. Volumen: 32. Número: 9. Septiembre 2006. p. 837

⁷² PAULA- SILVA, F. et al. Accuracy of Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography Scans in Diagnosing Apical Periodontitis Using Histopathological Findings as a Gold Standard. JOE. Elsevier. Volumen: 35. Número: 7. Julio 2009. p.1009

⁷³ IDEM.

⁷⁴ BÓVEDA, C. et al. Op. Cit.



radiografía dentoalveolar detectó 71% de conductos con periodontitis apical, la TVCB detectó un mayor número alcanzando un 84% y el estudio histopatológico diagnosticó el 93%.(Cuadro 5)

También evaluó los resultados falsos positivos y negativos y los verdaderos positivos y negativos, con los que se comprueba que la TVCB tiene un menor margen de error que la radiografía dentoalveolar. (Cuadro 6)

Cuadro 5. Número de conductos diagnosticados con Periodontitis Apical por Radiografía dentoalveolar, TVCB y estudio histopatológico.

Grupo	n	RD	TVCB	ESTUDIO
				HISTOPATOLOGICO
1	24	9	11	18
2	18	18	18	18
3	21	12	21	21
4	20	20	20	20
Total	83	59 (71%)	70 (84%)	77 (93%)

Fuente: Paula - Silva⁷⁵

Cuadro 6. Resultados verdaderos positivos y negativos, falsos positivos y negativos en el diagnóstico de periodontitis apical.

MÉTODO	POSITIVO	NEGATIVO	VERDADERO	FALSO	VERDADERO	FALSO
			POSITIVO	POSITIVO	NEGATIVO	NEGATIVO
RD	59	24	59	0	6	18
TVCB	70	13	70	0	6	7

Fuente: Paula- Silva⁷⁶

El Dr. Bornstein también comparó la eficacia de la radiografía dentoalveolar y la TVCB en la detección de lesiones periapicales, encontrando que 58 de éstas fueron detectadas en los cortes tomográficos sagitales y 15 no fueron detectadas por la radiografía dentoalveolar (RD).

⁷⁵ PAULA- SILVA, F. et al. Op. Cit. p. 1010

⁷⁶ IDEM.



Como pudimos observar la eficacia de la Tomografía Volumétrica Cone-Beam en la detección de lesiones periapicales ha sido estudiada por medio de la comparación con otros métodos de diagnóstico, como son la RD, la ortopantomografía y el estudio histopatológico. Tanto la proyección dentoalveolar como la radiografía panorámica nos proporcionan imágenes en dos dimensiones, lo cual es una gran limitante para el diagnóstico y análisis de estas patologías. Por otro lado el estudio histopatológico es considerado el método más preciso de todos pero tiene una gran desventaja debido a que es un procedimiento invasivo.

“La TCCB proporciona más información que no es posible identificar tan fácilmente en la radiografía periapical”⁷⁷ y mucho menos en la ortopantomografía, tal y como refiere el Dr. Paula: “...la ausencia de radiolucidez en RP no garantiza un periápice sano...”⁷⁸ y cuando se realiza el escaneo con TVCB se detecta la lesión que al parecer no se encontraba.

Un beneficio de esta tecnología es que el clínico tiene la facilidad de conocer el verdadero tamaño de la lesión, con qué estructuras se relaciona, dar un diagnóstico diferencial de la patología sin necesidad de realizar un procedimiento quirúrgico.

5.8.3 Diagnóstico de fracturas radiculares

La detección y el diagnóstico de una fractura radicular, ya sea vertical u horizontal, es un reto para el clínico, debido a que los síntomas y hallazgos radiográficos son difíciles de interpretar. A continuación se describen investigaciones en las cuales la TVCB ha facilitado el hallazgo de dichas fracturas.

⁷⁷ KIM, S. Op. Cit. p. 154

⁷⁸ PAULA- SILVA, F. et al. Op. Cit. p. 1009



5.8.3.1 Fracturas verticales

“La fracturas radiculares longitudinales han sido clasificadas por Yigit Özer en 5 tipos que proveen una definición global desde el menos hasta el más severo, necesitando diferentes modalidades de tratamiento: Línea superficial, fractura cuspídea, diente quebrado, diente hendido, y la fractura radicular vertical (FRV)”⁷⁹

La FRV es considerado la más severa de todas las fracturas longitudinales anteriormente mencionadas.

Por otro lado es difícil proporcionar un diagnóstico preciso, esto se debe a que tanto los signos y síntomas y en ocasiones lo hallazgos radiográficos son similares a un tratamiento de conductos que fracasó, influenciando así nuestra decisión en el tratamiento que a veces no es el más adecuado.

Cuando nos apoyamos en la radiografía dentoalveolar para poder determinar un diagnóstico, nos olvidamos de que ésta sólo proporciona imágenes en dos dimensiones de estructuras tridimensionales, además de la superposición de estructuras lo que complica la detección de FRV, “...especialmente cuando la fractura está orientada mesiodistalmente...”⁸⁰

Una alternativa para esto es el uso de la TVCB, el Dr. Hassam dice al respecto: “La superioridad de TCCB sobre la RP se debe principalmente a su alto contraste y la naturaleza tridimensional de las imágenes tomográficas, los cuales permiten una visualización directa de las líneas de fractura contrario a la RP.”⁸¹

⁷⁹ YIGIT ÖZER, S. Detection of Vertical Root Fractures of Different Thicknesses in Endodontically Enlarged Teeth by Cone Beam Computed Tomography versus Digital Radiography. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Numero: 7. Julio 2010. p. 1245

⁸⁰ HASSAN, B. et al. Comparison of Five Cone Beam Computed Tomography Systems for the Detection of Vertical Root Fractures. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 1. Enero 2010. p. 126

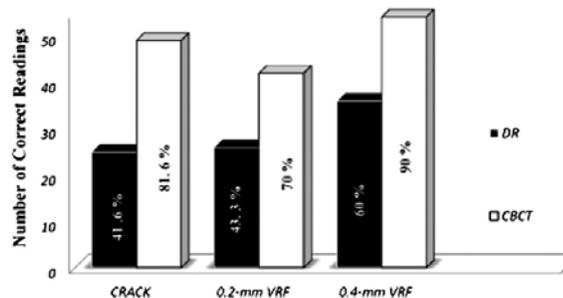
⁸¹ IDEM.



El Dr. Yigit Özer en su investigación comparó la radiografía digital con la TVCB para conocer cuál de estos métodos es el más preciso en la detección de fracturas verticales, para ello utilizó ochenta dientes extraídos dividiéndolos en cuatro grupos, tres para experimentación y uno de control. A los de experimentación les produjo artificialmente fracturas, al primer grupo de un grosor menor a 0.2 mm, al segundo de 0.2 mm y al tercero de 0.4 mm. Con los respectivos escaneos llegó a la conclusión de que “La precisión de los escaneos con TCCB es más alta que la RD en todas las lecturas”⁸² (Fig. 42) y agrega “TCCB representa una herramienta de diagnóstico poderosa en la detección de FRV”⁸³

El Dr. Mitchel Edlund realizó una investigación en la que evaluó 32 dientes en 29 pacientes que sus signos y síntomas sugerían presentar una fractura radicular vertical y demostró que la Tomografía Volumétrica Cone-Beam ofrece una exactitud superior en el diagnóstico de fracturas verticales. (Fig. 43)

Fig. 42 Gráfica que muestra la comparación de los escaneos obtenidos con TVCB y RD en los tres grupos de experimentación.



Fuente: Yigit Özer

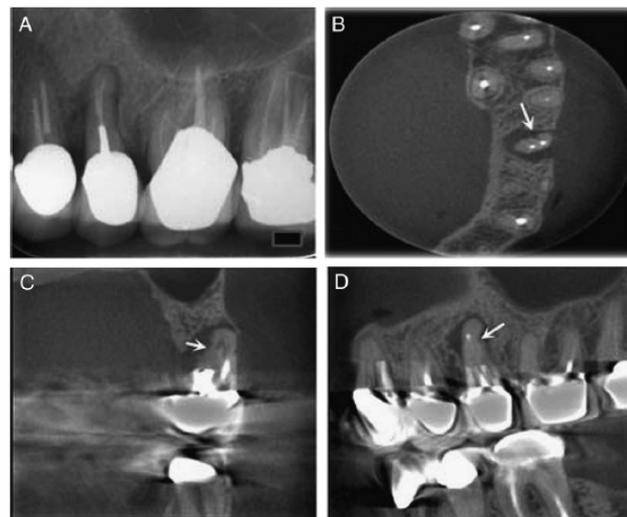
Determinó que la sensibilidad de la TVCB en la detección de FRV era de un 88% y su especificidad de 75%. Además los dientes que durante el

⁸² YIGIT ÖZER. Op. Cit. p. 1248

⁸³ IBIDEM. p.1249

escaneo fue observada una fractura y en el momento de verificarla por medio de una exploración quirúrgica (Fig. 44) coincidían en el diagnóstico fue del 91%, por otro lado los casos en los que la TVCB no detectaba fractura y el diagnóstico apuntaba a la ausencia de ésta fue del 67%.

Fig. 43A Radiografía Dentoalveolar con sospecha de FRV. **B** Corte tomográfico axial que muestra una línea de fractura en su ancho mesiodistal. **C** Corte coronal. **D** Corte Sagital.



Fuente: Edlund⁸⁴

Fig. 44 Exploración quirúrgica para visualizar la FRV para validar el hallazgo con TVCB.



Fuente: Edlund⁸⁵

El Dr. Hassan ha investigado a detalle acerca de la aplicación de la TVCB como método de diagnóstico de fracturas verticales radiculares. En

⁸⁴ EDLUND, M. et al. Detection of Vertical Root Fractures by Using Cone-beam Computed Tomography: A Clinical Study. JOE. Elsevier. Volumen: 37. Número: 6. Junio 2011. p. 769

⁸⁵ IDEM.



uno de sus estudios utilizó ochenta dientes con previo tratamiento de conductos, los dividió en cuatro grupos, al grupo A y B les realizó una fractura artificial y a los del grupo C y D los dejó intactos. Posteriormente obturó los que pertenecían a los grupos A y C. Escaneó todos los dientes con TVCB y con radiografía dentoalveolar. Los resultados que obtuvo fueron “Sensibilidad y especificidad en la detección de FRV por TCCB fue de 79.4% y 92% y con RP 37.1% y 95% respectivamente.”⁸⁶ (Cuadro 7) Como podemos observar la sensibilidad fue superior en la TVCB y en cuanto a la especificidad ésta se redujo debido a la presencia de las obturaciones. Aún así Hassan afirma: “TCCB es más exacto que RD en la detección de FRV, y la presencia de obturación no reduce su precisión”⁸⁷ y concluye: “La naturaleza tridimensional de la TCCB permite la visualización de la fractura desde múltiples ángulos y diferentes orientaciones en muy delgados cortes y un alto contraste. En cambio, la naturaleza bidimensional de la RD obscurece la visibilidad de la fractura por la superposición de artefactos, lo que puede explicar la baja sensibilidad de las RD en la detección de FRV.”⁸⁸

⁸⁶ HASSAN, B. et al. Detection of Vertical Root Fracture in Endodontically Treated Teeth by a Cone Beam Computed Tomography Scan. JOE. Elsevier. Volumen: 35. Número: 5. Mayo 2009. p. 719

⁸⁷ IBIDEM. p. 721

⁸⁸ IDEM.



Cuadro 7. Porcentajes de especificidad y sensibilidad de TVCB y RD.

ESCANER	ENDODONCISTAS	ESTUDIANTES DE ODONTOLOGIA	AMBOS GRUPOS	CONDUCTOS OBTURADOS	COND. NO OBTURADOS
TVCB	77.5	81.3	79.4	78.8	80.0
SENSIBILIDAD					
TVCB	91.3	93.8	92.5	87.5	97.5
ESPECIFICIDAD					
RD	37.5	36.7	37.1	26.6	47.5
SENSIBILIDAD					
RD	95.0	95.0	95.0	93.8	96.2
ESPECIFICIDAD					

Fuente: HASSAN⁸⁹

En otra investigación, Hassan compara cinco tipos de tomógrafos (NewTom 3G, Next Generation I-CAT, Galileos 3D, Scanora 3D y 3D AccuiTomo-xyz) en la detección de fracturas verticales, llega a la conclusión de que el tomógrafo con mayor exactitud fue el Next Generation I-CAT, seguido por el Scanora 3D, los demás sistemas son significativamente menos exactos por lo que afirma: "...existe una gran variación entre los diferentes sistemas de TCCB en su habilidad de detectar FRV *ex vivo* debido a las características del detector de cada sistema, el FoV y el tamaño del voxel seleccionado..."⁹⁰ y añade: " Los cortes axiales son más exactos que los sagitales y coronales en la detección de FRV."⁹¹

5.8.3.2 Fracturas horizontales

El establecimiento de un diagnóstico correcto de fractura radicular horizontal es muy importante para el endodoncista. Además representa un gran desafío debido a que existe restricción en la evaluación clínica. A pesar de que podemos hacer uso de la radiografía dentoalveolar como método de

⁸⁹ HASSAN, B. et al. Op. Cit. p. 721

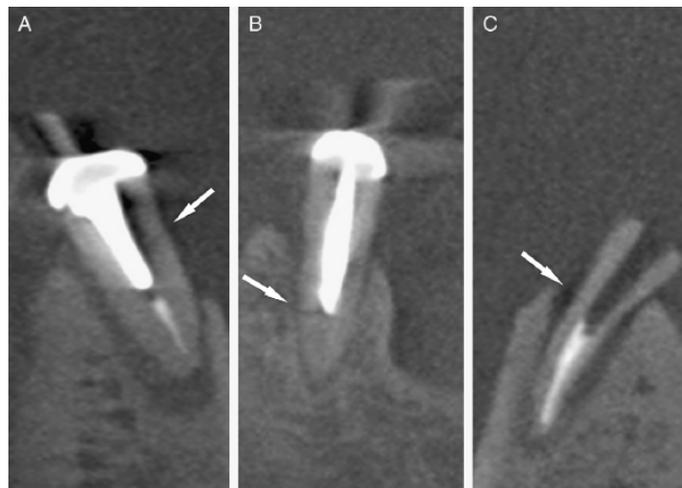
⁹⁰ HASSAN, B. et al. Op. Cit. p. 128

⁹¹ IDEM.

diagnóstico su gran limitante es que la bidimensionalidad genera distorsión y superposición de estructuras lo que no permite la visualización de este tipo de fracturas.

El Dr. Costa hizo una investigación para evaluar el uso de la TVCB en la detección de fracturas horizontales y determinar si la presencia o ausencia de un poste metálico influye o no en el hallazgo de éstas. Para ello utilizó cuarenta dientes que dividió en cuatro grupos, el primer grupo sin presencia de fractura y poste, el segundo grupo con fractura horizontal y ausencia de poste, el tercer grupo presentaba poste y ausencia de fractura y el cuarto grupo tenía ambos, todos estos fueron escaneados por el tomógrafo. (Fig.45)

Fig. 45 Imágenes tomográficas. **A** Presencia de una fractura horizontal y poste metálico. **B** Ausencia de fractura horizontal pero existe una zona radiolúcida causada por el artefacto metálico. **C** Fractura horizontal en ausencia de poste metálico.



Fuente: Costa⁹²

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 8, con los cuales confirma “la TCCB tiene una buena precisión en la detección de fracturas radiculares horizontales sin presencia de postes metálicos (valores que

⁹² COSTA, F. et al. Detection of Horizontal Root Fracture with Small- volume Cone- Beam Computed Tomography in the Presence and Absence of Intracanal Metallic Post. JOE. Elsevier. Volumen: 37. Número: 10. Octubre 2011. p. 1457



varían desde 73% a 88%). Sin embargo, su presencia reduce significativamente la exactitud (55%-63%).”⁹³

Cuadro 8. Número de verdaderos (V) y falsos (F) diagnósticos de fractura radicular horizontal identificada en cada grupo.

Grupo	Observador 1		Observador 2		Observador 3		Total	
	V	F	V	F	V	F	V	F
1	27	13	39	1	30	10	96	24
2	32	8	24	16	37	3	93	27
3	20	20	22	18	29	11	71	49
4	27	13	28	12	19	21	74	46

Fuente: Costa⁹⁴

Las fracturas radiculares de cualquier índole representan un desafío para el clínico debido a la dificultad de su diagnóstico, por ello tiene que usar todas las herramientas de diagnóstico a su alcance, como lo es la radiografía dentoalveolar. Para ello debe interpretarla imaginando que el objeto que observa está en tres dimensiones; en ocasiones debe de tomar múltiples radiografías en diferentes angulaciones para poder visualizar dichas fracturas y por lo tanto no se tiene la precisión de que el diagnóstico y el tratamiento que se realizó es el correcto.

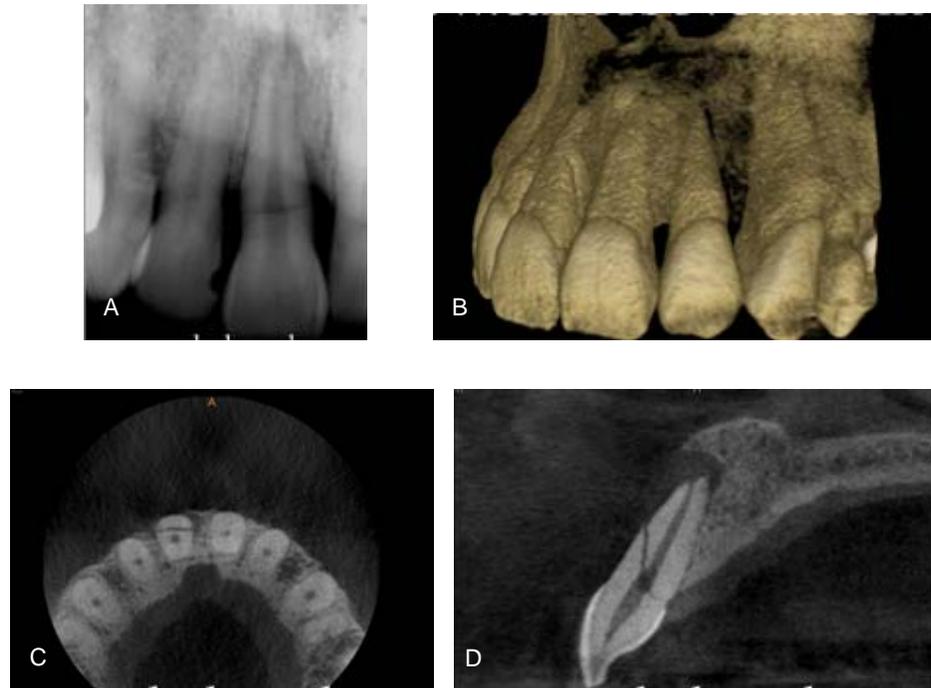
Las TVCB definitivamente es una gran opción para confirmar un diagnóstico, ya que proporciona imágenes tridimensionales libres de superposición que permite al clínico evaluar con claridad la fractura. (Fig. 46)

También debe de considerar la presencia de obturaciones en el conducto ya que dependiendo del tomógrafo utilizado puede reducir la especificidad, no así su exactitud.

⁹³ COSTA, F. et al. Op. Cit. p.1458

⁹⁴ IDEM.

Fig. 46 A. Radiografía Dentoalveolar. B Reconstrucción Tridimensional. C Corte Axial. D Corte Sagital.



Fuente: Bóveda⁹⁵

5.8.4 Diagnóstico de resorciones

“La resorción radicular (RR) es una condición física y patológica asociada con la pérdida de la estructura de diente ocasionado por células clásticas.”⁹⁶

La radiografía dentoalveolar es el método que más comúnmente se emplea para diagnosticar resorciones. Sin embargo ésta no provee una real representación de la lesión, extensión y localización. A continuación se presentan estudios en los que el uso de la TVCB es una alternativa para establecer un diagnóstico, tanto en resorciones internas como externas.

⁹⁵ BOVEDA, C. et al. Op.Cit.

⁹⁶ ESTRELA, C. et al. Method to Evaluate Inflammatory Root Resorption by Using Cone-Beam Computed Tomography. JOE. Elsevier. Volumen: 35. Número: 11. Noviembre 2009. p. 1491

5.8.4.1 Resorciones internas

Cotton afirma “El tratamiento de resorciones puede ser complejo e impredecible. La imagenología es crucial en el diagnóstico exacto y el tratamiento apropiado”⁹⁷. Esto lo ejemplifica con un caso clínico, paciente que cursa por tratamiento ortodóntico se presenta a la clínica por dolor en el O.D 21 refiriendo antecedente de traumatismo en esta zona hace cuatro años. Se realizaron las pruebas pulpares correspondientes, respondiendo al frío y sensibilidad a la percusión, para ello decidió tomar una radiografía dentoalveolar la cual revelaba la presencia de un área radiolúcida entre el tercio medio y el tercio apical de la raíz de dicho órgano dentario. (Fig. 47) Por las características de la lesión parecía tratarse de una resorción radicular interna.

Se decidió a realizar un estudio tomográfico para corroborar el diagnóstico. (Fig. 48)

Fig. 47 Radiografía Dentoalveolar del O.D 21

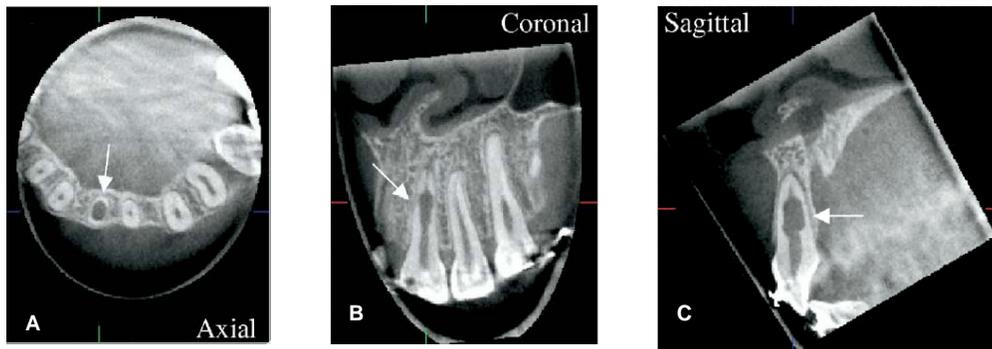


Fuente: Cotton⁹⁸

⁹⁷ COTTON, T. et al. Op. Cit. p. 1129

⁹⁸ IBIDEM. p. 1127

Fig. 48 TVCB que muestra la extensión de la resorción. A Corte axial. B Corte coronal C Corte sagital.



Fuente: Cotton⁹⁹

La TVCB provee una mejor perspectiva de imagen, esto se debe a la capacidad de reconstrucción tridimensional que tiene. (Fig.49) Al observar los diferentes cortes que proporciona se puede evaluar detenidamente la extensión de la lesión, por ejemplo podemos observar en el corte sagital que en sentido vestibulopalatino la lesión es grande y ha dejado las paredes radiculares muy delgadas, imagen que no proporciona la radiografía dentoalveolar. Esto puede beneficiar el plan de tratamiento, ya que al tener en cuenta la extensión de la lesión las técnicas que se utilizarán para trabajarlo y obturarlo deberán ser evaluadas a detalle.

⁹⁹ COTTON, T. et al. Op. Cit. p. 1129

Fig. 49 Resorción interna. A Radiografía Dentoalveolar. B Reconstrucción tridimensional. C Corte Axial. D Corte Coronal E Corte Sagital



Fuente: Bóveda¹⁰⁰

5.8.4.2 Resorciones externas

“La resorción cervical invasiva (RCI) es un tipo de resorción externa que inicia por debajo del epitelio de unión. Comúnmente afecta tejidos mineralizados (cemento y dentina), y, excepto en estadios avanzados, la capa de predentina que protege el tejido pulpar, debido a que éste es el menos mineralizado.”¹⁰¹

Heithersay clasifica este tipo de resorción en cuatro clases:

- Clase I. Corresponde a una resorción invasiva pequeña cerca del área cervical con una penetración superficial de la dentina.

¹⁰⁰ BOVEDA, C. et al. Op. Cit.

¹⁰¹ ESTEVEZ, R. et al. Invasive Cervical Resorption Class III in a Maxillary Central Incisor: Diagnosis and Follow-up by Means of Cone- Beam Computed Tomography. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 12. Diciembre 2010. p.2012



- Clase II. Se presenta una lesión bien definida cerca de la cámara pulpar con una pequeña extensión en la dentina radicular.
- Clase III. Presenta un defecto que involucra el tercio coronal de la raíz.
- Clase IV. Presenta un defecto que se extiende más allá del tercio cervical de la raíz.

El Dr. Cotton afirma que la correcta interpretación radiográfica es crucial en el diagnóstico y tratamiento de la RCI.

Por ello el Dr. Estevez describe un caso clínico que involucra a un O.D 21 con diagnóstico de presunción de RCI clase III. La TVCB fue realizada y el diagnóstico fue confirmado por medio de ésta. Por lo que Estevez concluye: "TCCB es una herramienta útil en endodoncia"¹⁰²

Cotton reporta un caso similar al anterior. O.D 21 con RCI al que se le realizaron las pruebas pulpares resultando positiva al frío y normal a la percusión. Se decidió tomar una radiografía dentoalveolar y la interpretación radiográfica revelaba la presencia de una lesión radiolúcida en tercio cervical de la raíz de dicho diente. (Fig. 50)

Se decidió hacer la TVCB que reveló una zona de baja densidad en el área mesiolingual de O.D 21. (Fig. 51) Su apariencia sugería el diagnóstico de resorción cervical invasiva.

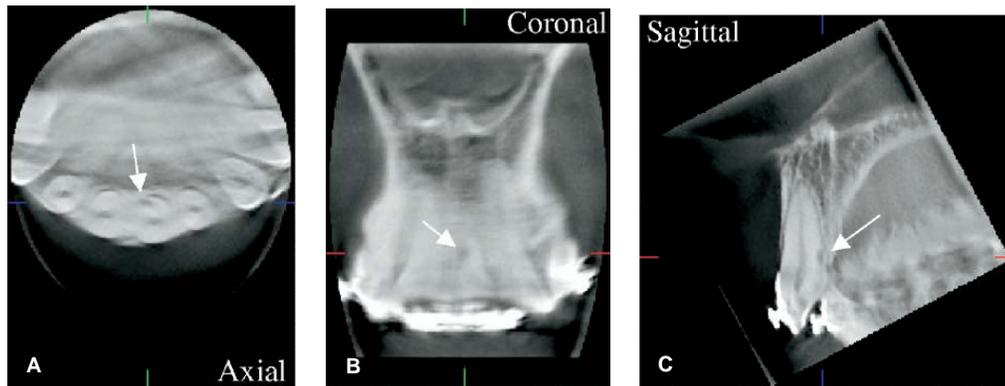
¹⁰² ESTEVEZ, R. et al. Op. Cit. p. 2014

Fig. 50 Radiografía Dentoalveolar del O.D21 que muestra un área radiolúcida en el tercio cervical.



Fuente: Cotton¹⁰³

Fig. 51 Imágenes obtenidas con el tomógrafo. A Corte Axial. B Corte Coronal. C Corte sagital.



Fuente: Cotton¹⁰⁴

Cotton concluye: “Es común que la RCI sea mal diagnosticada como una resorción interna”¹⁰⁵ para evitarlo se tiene que hacer uso de herramientas como la TVCB. Además el clínico se ve beneficiado al momento de establecer su plan de tratamiento ya que al proporcionar cortes multiplanares permite la correcta evaluación de la localización de la lesión. (Fig. 52)

¹⁰³ COTTON, T. et al. Op. Cit. p. 1127

¹⁰⁴ IDEM.

¹⁰⁵ IBIDEM. p.1129

Fig. 52 Resorción externa. A Radiografía Dentoalveolar. B Reconstrucción tridimensional TVCB. C Corte Axial. D Corte Coronal. E Corte Sagital.



Fuente: Bóveda¹⁰⁶

5.8.5 Evaluación anatómica pre-quirúrgica

El Dr. Patel menciona: “TCCB ha sido usada en la planeación de cirugía perirradicular”¹⁰⁷ y añade: “Las imágenes tridimensionales permiten conocer la relación anatómica de las raíces con estructuras adyacentes importantes como son el nervio dentario inferior, foramen mentoniano y seno maxilar.”¹⁰⁸

Cotton coincide: “El uso de la tecnología TVCB en la planeación pre-quirúrgica en endodoncia permite evaluar la localización de la lesión, posición de las raíces, y la proximidad de estructuras vitales incluyendo el

¹⁰⁶ BOVEDA, C. et al. Op. Cit.

¹⁰⁷ PATEL, S, et al. The potential application of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. International Endodontic Journal. Wiley. Volumen: 40. Abril 2007. p. 824

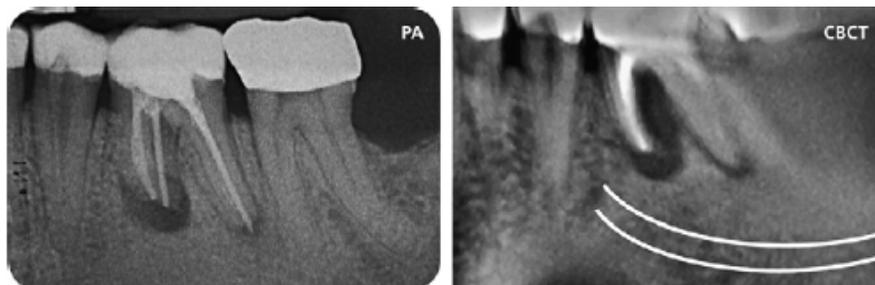
¹⁰⁸ IDEM.

nervio alveolar inferior, foramen mentoniano, seno maxilar y cavidad nasal.”¹⁰⁹

El Dr. Low hace una comparación entre la radiografía dentoalveolar (RD) y la TVCB para determinar cuál es el mejor método para la evaluación anatómica pre-quirúrgica. Para ello utilizó 37 premolares y 37 molares sumando 156 conductos. Primeramente observó que 109 lesiones fueron detectadas con la TVCB y el 34% no fue detectado por la RD. También mostró que “las lesiones apicales cercanas al piso del seno tiene una mayor probabilidad de no ser identificadas con la RD”¹¹⁰ añadiendo: “Hallazgos adicionales, como expansión de lesiones en el seno maxilar, grosor de la membrana sinusal, canales faltantes, y presencia de comunicaciones apicomarginales, son más frecuentemente detectadas con TCCB que RD”¹¹¹

En un estudio similar Bornstein reportó que la radiografía dentoalveolar no proporciona información precisa sobre estructuras adyacentes, como lo hace la TVCB. (Fig. 53)

Fig. 53 El canal mandibular no es visible en la radiografía dentoalveolar pero si fue detectada en el corte tomográfico sagital.



Fuente: Bornstein¹¹²

En el caso descrito por Cotton, nos encontramos con un premolar inferior izquierdo que al ser evaluado con una radiografía dentoalveolar (Fig.

¹⁰⁹ COTTON, T. et al. Op. Cit. p. 1129

¹¹⁰ LOW, K. et al. Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Tomography in Posterior Maxillary Teeth Referred for Apical Surgery. JOE. Elsevier. Volumen: 34. Número: 5. Mayo 2008. p. 560

¹¹¹ IDEM.

¹¹² BORNSTEIN, M. et al. Op. Cit. p. 156

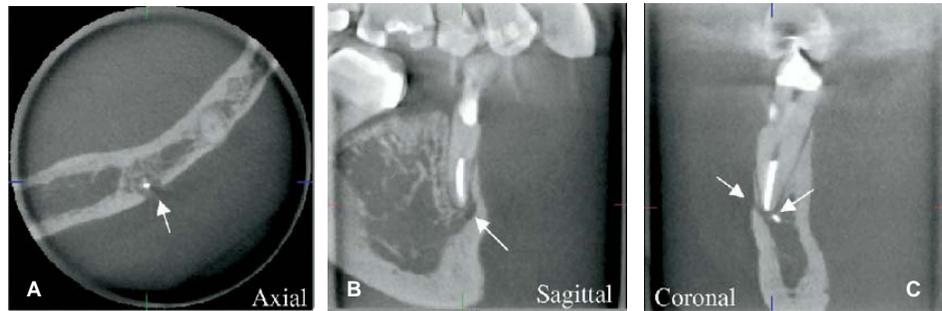
54) presentó extrusión de material a los tejidos periapicales, por lo que se decidió utilizar la TVCB para explorar el área. (Fig. 55) “La TVCB permite una mejor visualización del material extruido y su proximidad con el nervio mentoniano.”¹¹³ Además al facilitar la visión se determinó la naturaleza del material resultando ser cemento, por lo que se dejó en observación, cambiando radicalmente el plan de tratamiento.

Fig. 54 Radiografía dentoalveolar O.D 35 que revela presencia de material en los tejidos periapicales.



Fuente: Cotton¹¹⁴

Fig. 55 Imágenes tomográficas. A Corte axial. B Corte sagital. C Corte coronal



Fuente: Cotton¹¹⁵

5.8.6 Diagnóstico de fracasos y complicaciones

Los percances endodónticos o accidentes de procedimiento son definidos como complicaciones que ocurren durante el tratamiento, algunas debidas a que no se presta atención a los detalles, pero otras totalmente impredecibles.

¹¹³ COTTON, T. et al. Op. Cit. p. 1130

¹¹⁴ IBIDEM. p. 1128

¹¹⁵ IDEM.



A continuación se describe una investigación que justifica el uso de la TVCB como método de diagnóstico de perforaciones radiculares.

5.8.6.1 Perforación Radicular

“Una perforación es la comunicación entre el sistema de conductos radiculares y la superficie externa de la raíz.”¹¹⁶ Desafortunadamente es una complicación indeseable muy común que siempre es por iatrogenia. Además la mayoría de los casos con perforación radicular tienden a fracasar.

Establecer un diagnóstico definitivo de esta entidad en ocasiones es complicado por la ausencia de síntomas patognomónicos y que las imágenes radiográficas suelen ser imprecisas.

Existen diversas técnicas para diagnosticar perforaciones, por ejemplo el uso del microscopio y el localizador de ápice. Sin embargo estos resultan ser poco útiles.

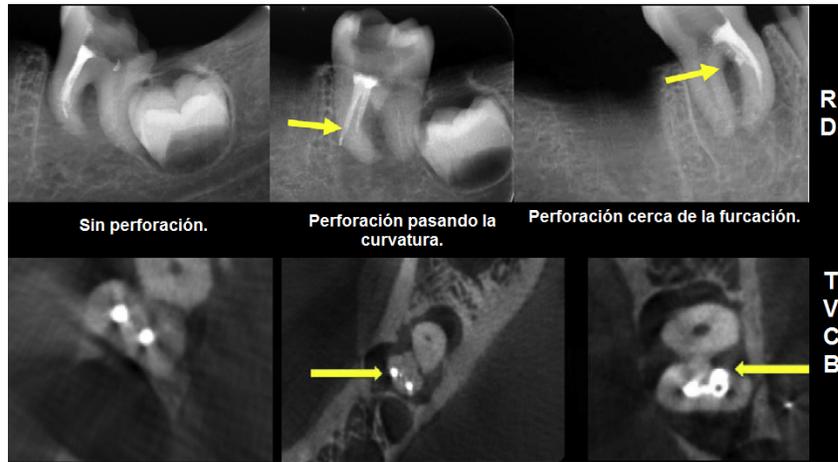
Con el objetivo de determinar la utilidad de la Tomografía Volumétrica Cone-Beam (TVCB) para diagnosticar perforaciones radiculares, el Dr. Shemesh realizó una investigación en la que ocupó 45 dientes preparados y obturados. Treinta raíces fueron perforadas, 15 justo pasando la curvatura y los restantes cerca de la furcación, se procedió a realizar el escaneo con TVCB y radiografía dentoalveolar (RD) de todos los dientes. (Fig. 56) “Los resultados de este experimento muestran que la habilidad para diagnosticar perforaciones a nivel de la furca es muy limitado con la RD, e incluso con TVCB”¹¹⁷ y agrega: “No hubo una diferencia significativa entre los métodos para la detección de fracturas localizadas en la curvatura.”¹¹⁸(Cuadro 9)

¹¹⁶ SHEMESH, H. et al. The Use of Cone-Beam Computed Tomography and Digital Periapical Radiographs to Diagnose Root Perforation. JOE. Elsevier. Volumen: 37. Número: 4. Abril 2011. p. 513

¹¹⁷ IBIDEM. p. 515

¹¹⁸ IDEM.

Fig. 56 Perforaciones vistas en una Radiografía Dentoalveolar (RD) y Tomografía Volumétrica Cone-Beam(TVCB).



Fuente: Shemesh¹¹⁹

Cuadro 9. Especificidad, Sensibilidad, Exactitud en el diagnóstico de perforaciones radiculares con radiografía dentoalveolar y TVCB

Escaner	Parámetro	Perforaciones en curvatura	Perforaciones a nivel de la furcación
TVCB	Sensibilidad	0.86	0.50
TVCB	Especificidad	0.70	0.96
TVCB	Exactitud	0.76	0.80
RD	Sensibilidad	0.66	0.13
RD	Especificidad	0.90	0.96
RD	Exactitud	0.82	0.69

Fuente: Shemesh¹²⁰

5.9 Indicaciones

El Dr. Bóveda menciona: “No todas las personas en todo momento requieren de estudios tomográficos. La TVCB no debe ser utilizada de rutina para el diagnóstico endodóntico o para las evaluaciones generales en ausencia de sintomatología y/o signos clínicos. La radiología convencional continúa vigente y se considera suficiente en múltiples situaciones. Queda en el clínico reconocer y determinar cuando un paciente dada su condición

¹¹⁹ SHEMESH, H. et al. Op. Cit. p. 514

¹²⁰ IDEM.



individual se puede beneficiar de un análisis de Tomografía Volumétrica Digital, particularmente en los casos donde los estudios convencionales resulten insuficientes.”¹²¹

5.10 Ventajas

Cómo hemos visto, la tecnología de la TVCB proporciona muchas ventajas en el campo de la odontología y al mismo tiempo en el área endodóntica, Cotton resume: “Cuando es comparada con TC, la TVCB ha avanzado en exactitud, mayor resolución, menor tiempo de escaneo, reducción en la dosis de radiación, y menor costo para el paciente”¹²² y agrega: “Comparado con la radiografía periapical convencional, TVCB elimina superposición de estructuras adyacentes, provee más información clínicamente relevante”¹²³

González enlista las ventajas:

- “Elimina por completo la superposición de imágenes.
- Se puede visualizar imágenes de alta calidad en los tres planos del espacio.
- Reconstrucciones tridimensionales a escala real 1 a 1.
- Cortes tomográficos a diferentes escalas.
- Rapidez y comodidad en el examen.
- Nitidez de la imagen.
- Dosis de radiación menor que con la tomografía convencional.
- Posibilidad de manipular, medir y planear en cualquier computadora mediante el software.
- Costo.”¹²⁴

¹²¹ BÓVEDA, C. Op. Cit.

¹²² COTTON, T. et al. Op. Cit. p. 1130

¹²³ IDEM.

¹²⁴ GONZÁLEZ, E. Op. Cit. p. 22



5.11 Limitaciones

El Dr. Krithikadatta afirma: “A pesar de que existe un enorme interés en la tecnología de la TVCB, ésta tiene limitaciones relacionadas con la proyección de la geometría “cone- beam”, la sensibilidad de detección, y el contraste de la resolución. Estos parámetros crean una imagen inherente “ruido” que puede comprometer la calidad del escaneo y puede llevar a un diagnóstico inexacto y falso. Los artefactos son más marcados en las unidades de TCCB que en las de CT porque el procesamiento con el cual se adquiere la imagen es diferente.”¹²⁵ El ruido que existe en la TC es muy pequeño debido al elevado miliamperaje que usa; mientras que en la TVCB, el ruido es alto ya que el miliamperaje es bajo.

Cotton agrega otras limitaciones: “A este punto, la TVCB está limitada a áreas metropolitanas y no se encuentra en todos los estados”¹²⁶. Por consiguiente es un poco costosa, aunque no cómo la TC; y por último refiere: “La interpretación de estas imágenes requiere un amplio conocimiento de las estructuras maxilofaciales así como entrenamiento para interpretar la anatomía de los cortes.”¹²⁷

¹²⁵ KRITHIKADATTA, J. et al. Mandibular First Molar Having a Unusual Mesial Root Canal Morphology with Contradictory Cone-Beam Computed Tomography Findings: A Case Report. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 10. Octubre 2010. p. 1716

¹²⁶ COTTON, T. et al. Op. Cit. p. 1130

¹²⁷ IDEM.



6. CONCLUSIONES

A lo largo del tiempo el ser humano ha sido testigo de avances tecnológicos que han beneficiado diferentes áreas de la salud, un ejemplo de esto es la radiología.

En endodoncia la radiografía es un valioso recurso auxiliar complementario del examen clínico, durante el diagnóstico y a lo largo del tratamiento. Al proporcionar imágenes bidimensionales de estructuras tridimensionales, el cirujano dentista tiene la obligación de capacitarse en la interpretación de éstas; ya que cualquier malinterpretación puede ocasionar un diagnóstico erróneo y con ello un mal tratamiento propiciando el fracaso endodóntico.

Es por ello que la Tomografía Volumétrica Cone-Beam (TVCB) es una gran alternativa para el clínico, ya que permite observar, analizar e interpretar las imágenes en tercera dimensión, libres de superposición y de alta calidad.

La TVCB ha sido comparada en diferentes aspectos con otras técnicas radiográficas, resultando ser superior.

La eficacia de la TVCB como método auxiliar de diagnóstico en endodoncia ha sido evaluada y reportada por diversos autores, además las múltiples aplicaciones que proporciona han sido bien aceptadas por la mayoría de ellos.

El uso de la TVCB en el análisis de la anatomía del sistema radicular fue comparada con la diafanización, la cuál es la mejor técnica conocida para realizar dicho análisis, resultando ser igual de precisa y efectiva.

La eficacia en la identificación de lesiones de tipo endodóntico también fue evaluada y se demostró que muchas lesiones que en una radiografía dentoalveolar no aparecían, fueron claramente observadas en la TVCB. Además es posible analizar a detalle el tamaño de la lesión, las estructuras que están involucradas e incluso determinar su naturaleza.



Las fracturas radiculares de cualquier índole representan un desafío para el cirujano dentista debido a la dificultad de su diagnóstico. Las características que posee la TVCB han facilitado el hallazgo de éstas y con ello posibilita el establecimiento de un diagnóstico adecuado e incluso, en ocasiones su confirmación, lo que lleva a un correcto establecimiento del plan de tratamiento.

Al igual que las fracturas radiculares, las resorciones son difíciles de diagnosticar en una radiografía dentoalveolar, es así como la TVCB es una gran alternativa en la identificación y evaluación de éstas, debido a la generación de diversos cortes tomográficos que permiten analizar su extensión influyendo en la decisión del tratamiento que se llevará a cabo.

El área quirúrgica también se ve beneficiada por esta tecnología, debido a que permite evaluar la localización de la lesión, posición de las raíces, proximidad de estructuras como son el nervio alveolar inferior, foramen mentoniano y seno maxilar.

Las características que propician que la TVCB sea considerada un excelente método auxiliar de diagnóstico son la eliminación por completo de superposición, la elevada calidad para visualizar las imágenes, las reconstrucciones tridimensionales a escala real, la dosis de radiación menor en comparación con la Tomografía Computarizada.

A pesar de poseer todas estas ventajas, la TVCB no reemplazará el uso de la radiografía dentoalveolar, cada caso deberá ser evaluado a detalle por el cirujano dentista y será utilizado en los casos donde los estudios convencionales resulten insuficientes.



7. REFERENCIAS

1. BASRANI, E. et al. Radiología en Endodoncia. Ed: AMOLCA. Buenos Aires, Argentina. 2002. p.p: 3-19.
2. BÓVEDA, C. et al. Tomografía Volumétrica Digital. Hallado en: <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>
3. BORNSTEIN, MM et al. Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Computed Tomography in Mandibular Molars for Analysis of Anatomical Landmarks before Apical Surgery. JOE. Elsevier. Volumen 37. Número: 2. Febrero 2011. p.p: 151-157.
4. CHIMENOS, E. Radiología en medicina bucal. Ed: MASSON. Barcelona, España.2005. p.p: 51-59.
5. COSTA, F. et al. Detection of Horizontal Root Fracture with Small-volume Cone- Beam Computed Tomography in the Presence and Absence of Intra canal Metallic Post. JOE. Elsevier. Volumen: 37. Número: 10. Octubre 2011. p.p: 1456- 1459.
6. COTTON, T. et al. Endodontic Applications of Cone-Beam Volumetric Tomography. JOE. Elsevier. Volumen: 33. Número: 9. Septiembre 2007. p.p: 1121- 1132.
7. DEL CURA, JL et al. Radiología Esencial. Ed: Médica Panamericana. Tomo I. Buenos Aires, Argentina. 2009. p.16
8. EDLUND, M. et al. Detection of Vertical Root Fractures by Using Cone-beam Computed Tomography: A Clinical Study. JOE. Elsevier. Volumen: 37. Número: 6. Junio 2011. p.p: 768-772.
9. ESTEVEZ, R. et al. Tomografía computarizada en endodoncia: usos e indicaciones. Endodoncia. Volúmen: 27. Número: 2. Abril-Junio 2009. p.p: 80-85.
10. ESTEVEZ, R. et al. Invasive Cervical Resorption Class III in a Maxillary Central Incisor: Diagnosis and Follow-up by Means of Cone- Beam



- Computed Tomography. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 12. Diciembre 2010. p.p: 2012-2014.
11. ESTRELA, C. et al. Accuracy of Cone- Beam Computed Tomography and Panoramic and Periapical Radiography for Detection of Apical Periodontitis. JOE. Elsevier. Volumen: 34. Número: 3. Marzo 2008. p.p: 273- 279.
12. ESTRELA, C. et al. Method for Determination of Root Curvature Radius Using Cone- Beam Computed Tomography Images. Brazilian Dental Journal. Volumen: 19. Número: 2. p.p: 114-118.
13. ESTRELA, C. et al. Method to Evaluate Inflammatory Root Resorption by Using Cone-Beam Computed Tomography. JOE. Elsevier. Volumen: 35. Número: 11. Noviembre 2009. p.p: 1491-1497.
14. GONZÁLEZ, E. Tomografía Cone-Beam 3D. Atlas de aplicaciones clínicas. Ed: Ripano. Madrid, España. 2011. 202 págs.
15. HASSAN, B. et al. Comparison of Five Cone Beam Computed Tomography Systems for the Detection of Vertical Root Fractures. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 1. Enero 2010. p.p: 126-129.
16. HASSAN, B. et al. Detection of Vertical Root Fracture in Endodontically Treated Teeth by a Cone Beam Computed Tomography Scan. JOE. Elsevier. Volumen: 35. Número: 5. Mayo 2009. p.p: 719-722.
17. KIM, S. Endodontic Application of Cone-Beam Computed Tomography in South Korea. JOE. Elsevier. Volumen: 38. Número: 2. Febrero 2012. p.p: 153-157
18. KOTTOOR, J et al. Endodontic Management of a Maxillary First Molar with Eight Root Canal Systems Evaluated Using Cone-beam Computed Tomography Scanning: A Case Report. JOE. Elsevier. Volumen: 37. Número: 5. Mayo 2011. p.p: 715-719.
19. KRITHIKADATTA, J. et al. Mandibular First Molar Having a Unusual Mesial Root Canal Morphology with Contradictory Cone-Beam



- Computed Tomography Findings: A Case Report. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 10. Octubre 2010. p.p: 1712- 1716.
- 20.LA, S. et al. Identification of Independent Middle Mesial Canal in Mandibular First Molar Using Cone-Beam Computed Tomography Imaging. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 3. Marzo 2010. p.p: 542-545.
- 21.LOW, K. et al. Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Tomography in Posterior Maxillary Teeth Referred for Apical Surgery. JOE. Elsevier. Volumen: 34. Número: 5. Mayo 2008. p.p: 557-562.
- 22.MATHERNE, R. et al. Use of Cone- Beam Computed Tomography to Identify Root Canal System In Vitro. JOE. Elsevier. Volumen: 34. Número: 1. Enero 2008. p.p: 87-89.
- 23.MICHETTI, J. et al. Validation of Cone Beam Computed Tomography as a Tool to Explore Root Canal Anatomy. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 7. Julio 2010. p.p. 1187-1190.
- 24.NEELAKANTAN, P. et al. Comparative Evaluation of Modified Canal Staining and Clearing Technique, Cone-Beam Computed Tomography, Peripheral Quantitative Computed Tomography, Spiral Computed Tomography, and Plain and Contrast Medium- Enhanced Digital Radiography in Studying Root Canal Morphology. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 9. Septiembre 2010. p. 1547-1551.
- 25.PATEL, S, et al. The potential application of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. International Endodontic Journal. Wiley. Volumen: 40. Abril 2007. p.p: 818-830.
- 26.PATEL, S. New dimensions in endodontic imaging. Part 2. Cone beam computed tomography. International Endodontic Journal. Wiley. Volumen: 42. 2009. p.p: 463-475.



27. PAULA- SILVA, F. et al. Accuracy of Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography Scans in Diagnosing Apical Periodontitis Using Histopathological Findings as a Gold Standard. JOE. Elsevier. Volumen: 35. Número: 7. Julio 2009. p.p: 1009-1012.
28. SHEMESH, H. et al. The Use of Cone-Beam Computed Tomography and Digital Periapical Radiographs to Diagnose Root Perforation. JOE. Elsevier. Volumen: 37. Número: 4. Abril 2011. p.p: 513-516.
29. SIMON, J. et al. Differential Diagnosis of Large Periapical Lesions Using Cone-Beam Computed Tomography Measurements and Biopsy. JOE. Elsevier. Volumen: 32. Número: 9. Septiembre 2006. p.p: 833-837.
30. URZÚA, R. Técnicas radiográficas dentales y maxilofaciales- Aplicaciones. Ed: AMOLCA. Colombia. 2005. p.p: 121-124, 235- 240.
31. WHAITES, E. Fundamentos de radiología dental. Ed: ELSEVIER. Cuarta edición. Madrid, España. 2008. p.p: 91, 179-188.
32. WHAITES, E. Radiología Odontológica. Ed: Médica Panamericana. Segunda edición. Buenos Aires, Argentina. 2010.p.p: 83-115, 195-200.
33. WOOD, N. et al. Diagnóstico Diferencial de las lesiones orales y maxilofaciales. Ed: Harcourt Brace. Quinta edición. Madrid, España. 1998. p. 16.
34. YIGIT ÖZER, S. Detection of Vertical Root Fractures of Different Thicknesses in Endodontically Enlarged Teeth by Cone Beam Computed Tomography versus Digital Radiography. JOE. Elsevier. Volumen: 36. Número: 7. Julio 2010. p.p: 1245- 1249.
35. www.afpimaging.com
36. <http://www.aadmrt.com/static.aspx?content=currents/3D2003>
37. <http://www.dentalcosmetic.com/Dental%20Technology/digitalxray/>
38. http://www.forp.usp.br/restauradora/temas_endo/temas_cast/anatomia.html



39. http://www.morita.com/usa/cms/website.php?id=/en/products/dental/diagnostic_and_imaging_equipment/3d_accutomo_80html
40. <http://www.nature.com/bdj/journal/v200/n1/full/4813166a.html>