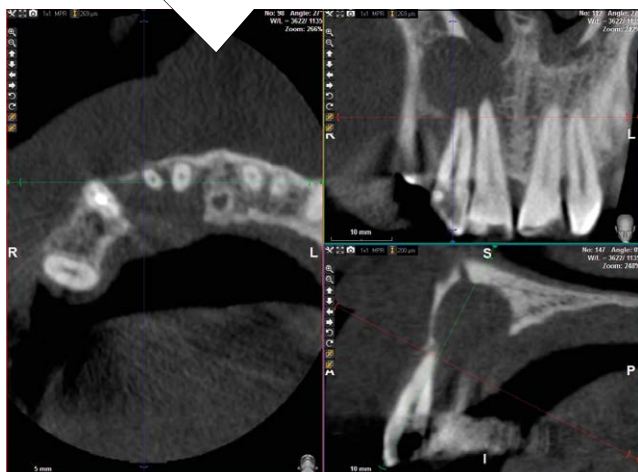


Usos del CBCT en endodoncia.

Revisión de la literatura



Dr. Jesús Mena Álvarez

Doctor en Odontología.
Director académico del Máster Universitario
en Endodoncia. Facultad de Ciencias de la Salud
de la Universidad Alfonso X el Sabio.

Dr. Álvaro Zubizarreta Macho

Doctor en Odontología.
Profesor asociado del Máster Universitario
en Endodoncia. Facultad de Ciencias de la Salud
de la Universidad Alfonso X el Sabio.

Dra. Cristina Rico Romano

Doctora en Odontología.
Profesora asociada del Máster Universitario
en Endodoncia. Facultad de Ciencias de la Salud
de la Universidad Alfonso X el Sabio.

Madrid.

Resumen

Son muchos los artículos publicados en los últimos años sobre el uso del CBCT en endodoncia y cada vez se precisa en más ocasiones esta técnica diagnóstica para poder tener un pronóstico más exacto de los dientes a tratar. El propósito de este artículo es discutir el uso de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) en el campo de la endodoncia. Este tema es controvertido en el momento actual por el aumento de las radiaciones a las que se está sometiendo a los pacientes; sin embargo, sabemos que en algunos casos las radiografías tomadas con diferentes angulaciones en relación a algunos dientes, en función de los diferentes casos, son incompatibles en forma y densidad, lo que no nos permite hacer un diagnóstico exacto. El uso del CBCT habría proporcionado en esos casos una imagen de mayor valor diagnóstico.

Palabras clave: CBCT, endodoncia, reabsorciones, lesiones radiolúcidas.

Definición del CBCT

Se trata de una técnica que permite la reconstrucción tridimensional, pero utilizando un haz cónico, para disminuir la dosis para el paciente en comparación con la tomografía computarizada convencional. Durante casi un siglo, los dentistas han estado estudiando una representación 2D de una estructura 3D: esa estructura es el diente. Esta simplificación de la información produce desventajas inherentes, entre las cuales destaca que las estructuras anatómicas en el plano de las raíces y los ápices de los dientes estudiados enmascaran muchos detalles, lo que se produce sobre todo en la zona de los molares superiores, donde el arco cigomático o el seno pueden complicar el detalle de la anatomía posterior de las raíces de los dientes, lo cual conlleva un diagnóstico y un tratamiento complicados¹. En la práctica, esto significa que las áreas radiolúcidas pueden no identificarse, generando dificultades para relacionar la posición de los ápices en la proximidad a estructuras vitales y no pudiendo detectar la situación exacta de las calcificaciones de los dientes. La correcta identificación de la morfología y la anatomía de los conductos radiculares puede ser dificultosa, así como la detección de fracturas y reabsorciones radiculares².

Podemos destacar una serie de hitos en la historia del CBCT y de la radiología, comenzando en 1895 cuando Wilhelm Roentgen descubrió los rayos X en Alemania. Pero no es hasta 1896 cuando se lleva cabo la primera radiografía intraoral por Edmond Kells en Nueva Orleans (EEUU). Ya en 1967 Godfrey Hounsfield desarrolló el primer escáner CT y en 1971 se introdujo en la exploración médica. En 1990, Tachibana y Matsumoto informaron del primer uso de la TC en endodoncia y en 1997 Quantitative Radiology produjo el primer CBCT –el New Tom 9000– para uso dental después del trabajo pionero de Arai en Japón y de Mozzo en Italia, obteniendo en el 2001 el primer CBCT con licencia para su uso en EEUU³.

¿Cómo funciona un CBCT?

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

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

El conjunto fuente-detector gira y realiza el disparo de rayos X, obteniendo una proyección o corte del diente en estudio. El equipo realiza varias rotaciones para obtener 360 imágenes o cortes correspondientes a cada grado de rotación, que se reconstruyen logrando de esta forma una imagen tridimensional del cráneo. Estos datos 2D se convierten a continuación, a través de algoritmos de haz cónico⁴, en un volumen 3D de datos para un PC en cualquiera de los tres planos dimensionales o una imagen 3D. Normalmente, se generan imágenes transversales en los tres planos ortogonales a partir de la exploración del CBCT. El profesional selecciona la posición y el espesor del corte del interior del volumen de datos. Las tres vistas pueden evaluarse simultáneamente, ya que la modificación del corte en uno de los planos modifica el resto de los planos visualizados. Esto puede manipularse mediante el

software de PC para proporcionar más detalle de las áreas específicas de interés⁵:

- Plano sagital: perpendicular al suelo y paralelo al plano medio sagital, el cual divide al cuerpo en mitades izquierda y derecha (Z).
- Plano axial: perpendicular al eje longitudinal de un cuerpo (X).
- Plano coronal: divide el cráneo en una parte ventral y otra dorsal (Y) (fig. 1).

Las vistas axial y proximal tienen un valor particular, ya que generalmente no se ven en una radiografía periapical convencional⁶.

Gracias a la tecnología Cone-Beam y los cálculos algorítmicos, es posible superar las distorsiones producidas por la respiración del paciente⁷.

Conceptos esenciales del CBCT relacionados con la endodoncia

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

El campo visual a ser estudiado, o FOV, se encuentra directamente relacionado con el área a ser escaneada, la cual se representará digitalmente en el ordenador. La medida FOV para los estudios de cara en Odontología con tomógrafos de haz cónico es de 14 cm. Lo que determina la calidad de la imagen tomográfica (el tamaño del píxel y el vóxel) es la división entre el FOV y la matriz. *Grosso modo*, los sistemas CBCT se pueden clasificar en dos categorías: limitado (dental o regional) o completo (orto o facial). El FOV de rango limitado es de 40-100 nm, mientras que el campo de visión del rango completo es de 100-200 nm. Un FOV típico consiste en millones de voxels⁸.

Dado que el tratamiento de endodoncia implica generalmente uno o tal vez dos dientes en una arcada, el FOV puede permitirse ser pequeño o “localizado”, por lo general de 5 x 5 cm o menos. Esta reducción del FOV minimiza la cantidad de dosis de radiación efectiva⁹. Otras ventajas de un pequeño campo de visión FOV son una mayor resolución espacial y la mejora potencial del diagnóstico, una mejor capacidad para evitar estructuras metálicas que pueden causar interferencia y la disminución del tiempo para procesar y leer la imagen¹⁰. La mayoría de las máquinas FOV de campo pequeño producen una dosis de radiación efectiva en el mismo orden de magnitud que una radiografía panorámica o una serie periapical¹¹.

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

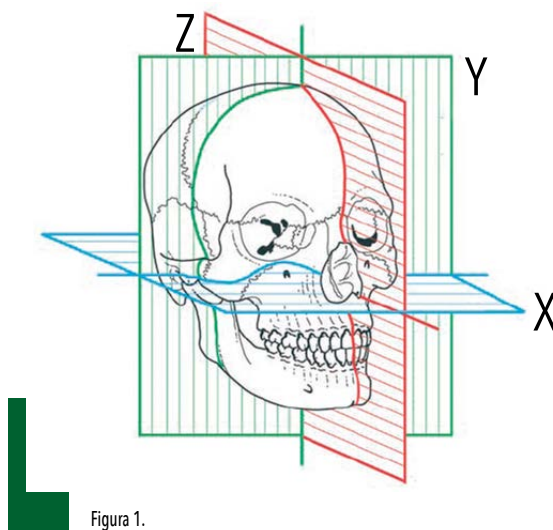


Figura 1.

Usos del CBCT de campo pequeño en endodoncia

Las posibles aplicaciones en endodoncia incluyen el diagnóstico de patología endodóntica y su origen, la morfología del sistema de conductos, la evaluación de la raíz (fracturas y traumas), el análisis de reabsorciones radicales externas o internas, la reabsorción cervical invasiva, la planificación prequirúrgica, la extensión de lesiones, las anatomías complicadas, la localización de conductos calcificados, el retratamiento endodóntico, la evaluación de iatrogenias –tales como perforaciones, instrumentos separados o extrusión de material de obturación–, etc.¹²⁻¹⁴.

Diagnóstico definitivo de las áreas radiolúcidas periapicales

El tratamiento de endodoncia tiene como objetivo final conservar el diente con una función normal y prevenir o curar la periodontitis apical. Sin embargo, las radiografías periapicales proporcionan una vista en dos dimensiones de un objeto tridimensional, por lo que las radiografías periapicales no pueden detectar lesiones como periodontitis apicales confinadas dentro del hueso esponjoso. Hace más de 50 años Bender y cols. demostraron que las lesiones óseas no pueden diagnosticarse de manera eficaz mediante radiografías, a menos que se perforo el hueso cortical^{15,16}.

En 1972 Goldman y cols. demostraron que había un desacuerdo considerable entre profesionales en el diagnóstico de áreas radiolúcidas con las radiografías. Las razones de estas

inconsistencias son la naturaleza 2D de la imagen radiográfica, el ruido y la distorsión anatómica que puede inducir a error al profesional. Aumentar el número de radiografías, tomadas en ángulos diferentes, mejora la precisión del diagnóstico¹⁷.

La tomografía de haz cónico da lugar a imágenes en 3D que eliminan la superposición de estructuras anatómicas. El uso del CBCT ayuda a detectar lesiones o áreas radiolúcidas periapicales y realizar un diagnóstico diferencial con una técnica no invasiva que es muy precisa (fig. 2).

La pulpitis asintomática irreversible es un estado pulpar caracterizado por la evidencia de la necesidad de tratamiento endodóntico en ausencia de síntomas clínicos o dolor. Por el contrario, la pulpitis irreversible sintomática es un estado pulpar caracterizado por dolor leve a severo que persiste después de la eliminación de un estímulo.

Según Levin y cols., la etiología de la pulpitis irreversible podría ser caries o restauraciones profundas, exposición pulpar, grietas o cualquier irritante pulpar, entre otros¹⁸. La visualización radiográfica de los dientes con pulpitis irreversible en las radiografías periapicales convencionales puede ser normal excepto por la presencia de la causa etiológica. En ocasiones, si el proceso inflamatorio se ha extendido a la zona periapical, un engrosamiento del espacio del ligamento periodontal puede ser visible¹².

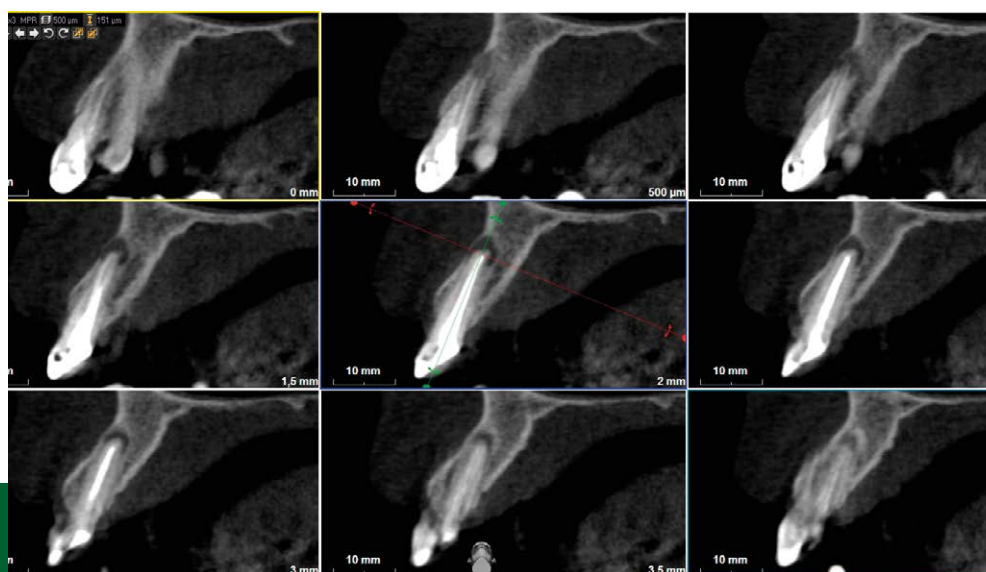


Figura 2.

Sin embargo, el uso de la radiografía 2D todavía tiene serias limitaciones. Los estudios realizados por Estrela y cols. evaluaron periodontitis apical (PA) en 1.508 dientes por tres métodos diferentes (panorámica, radiografías periapicales y CBCT). En ellos se concluyó que la precisión del diagnóstico fue significativamente mayor con las radiografías periapicales (54,5%) que con las radiografías panorámicas (27,5%), utilizando el CBCT como una referencia estándar. La periodontitis apical se identificó correctamente con la radiografía convencional sólo cuando ésta era suficientemente avanzada. Estrela llegó a la conclusión de que el diagnóstico de PA debe hacerse con mucho cuidado debido a la gran posibilidad de diagnóstico negativo falso¹⁹.

Lofthag Hansen comparó el estado periapical de 46 molares maxilares y mandibulares con dos radiografías periapicales en ángulo y exploraciones CBCT. Este último detectó un 38% más de lesiones que las radiografías periapicales²⁰. Low y cols., en 2008, nos aportan resultados similares²¹, al igual que Cotton y cols.²². García-Silva de Paula, con un estudio *in vivo*, examinó el periápice de 83 dientes de perros con periapicales y CBCT, utilizando el examen histológico como *gold standard*, y sus conclusiones fueron que el CBCT diagnosticó zonas saludables con mayor precisión que la radiografía y fue más sensible en la detección de periodontitis. Ésta se encontró en el 71% de las raíces con radiografía, el 84% con CBCT y el 93% con la histología^{23,24}.

Visualización de fracturas radiculares

Las fracturas radiculares verticales (FRV) son las que se extienden a lo largo del eje mayor del diente. Si se dejan sin diagnosticar, se produce la destrucción progresiva del ligamento periodontal y el hueso alveolar, pudiendo influir en el pronóstico de los dientes adyacentes y las restauraciones futuras. Sin embargo, las FRV pueden no producir ningún signo o síntoma. Por tanto, es importante que las FRV se diagnostiquen lo más rápidamente posible. La prevalencia de FRV en varias poblaciones se dice que es entre el 2% y el 5% y, dependiendo de la literatura revisada, el porcentaje de dientes endodonciados y extraídos por fisuras varía entre

el 3% y el 30%. La mayor incidencia se produce entre los 40 y los 60 años²⁵. Los dientes más comunes donde se presentan son los molares inferiores y los premolares superiores²⁶. Un tercio de las FRV se detecta radiográficamente; por lo general, cuando el rayo es perpendicular a la línea de fractura o el tejido de granulación separa los fragmentos²⁷ (fig. 3).

Las fracturas mesiodistales son casi imposibles de detectar con radiografía normal²⁸. El método de diagnóstico *in vivo* más eficaz de una FRV es la exposición quirúrgica de la fractura y la inspección visual bajo magnificación con la ayuda de la tinción. Un estudio realizado por Edlund y cols. examinó 32 dientes en 29 pacientes, que dieron síntomas de una FRV, con CBCT y la exploración quirúrgica posterior. Los resultados mostraron una alta correlación entre el diagnóstico a través de CBCT y la visualización directa, lo cual confirma numerosos estudios *in vitro* que apoyan la validez del CBCT en el diagnóstico de la FRV²⁹.

Diagnóstico y tratamiento de los traumatismos dentoalveolares

La mayoría de las lesiones traumáticas maxilofaciales implica solamente la dentición (50%) o la dentición y el tejido blando adyacente (36%), mientras que las que afectan a los alvéolos son el 13,6% restante³⁰. Desafortunadamente, la radiografía intraoral tiene poca sensibilidad para el diagnóstico de desplazamientos mínimos de dientes, fracturas alveolares o de la raíz. El CBCT tiene la ventaja de que es más cómodo para el paciente traumatizado: una exploración extraoral nos genera una imagen multidimensional evitando la necesidad de múltiples radiografías intraorales. Bernardes y cols. compararon retrospectivamente radiografías periapicales convencionales e imágenes CBCT de 20 pacientes con sospecha de fracturas radiculares y encontraron que el CBCT fue capaz de detectar fracturas en el 90% de los pacientes, mientras que la radiografía sólo podía detectar fracturas en el 30-40% de los casos. Como conclusión, extrajeron que el CBCT era un excelente complemento a la radiografía convencional en el diagnóstico de fracturas radiculares³¹.



Figura 3.



Identificación de los ápices de los dientes en relación con estructuras anatómicas

Las radiografías convencionales no siempre permiten evaluar la relación espacial de las raíces con sus estructuras anatómicas circundantes³². Esto es importante en el contexto de la planificación quirúrgica y el tratamiento²¹. La identificación radiológica de la posición de las raíces y sus ápices, frente a estructuras vitales como el seno maxilar o el conducto dentario, es esencial para la evaluación prequirúrgica, para la microcirugía endodóntica y para evitar la lesión durante la obturación de conductos. Velvart y cols. estudiaron 55 pacientes con 44 molares inferiores y seis premolares inferiores, que habían sido remitidos para cirugía apical debido a las zonas periapicales persistentes. Se les realizó un CBCT y una radiografía periapical a todos los dientes a tratar y el CBCT detectó las 78 lesiones identificadas durante la cirugía, mientras que las radiografías determinaron un 21% menos de lesiones. El conducto dentario se pudo identificar en tres casos con radiografía normal, pero se señaló en todos los casos con CBCT; además, este sistema también fue capaz de cuantificar la cantidad de hueso cortical y esponjoso y la extensión tridimensional de la lesión³³ (fig. 4).

Rigolone y cols. estudiaron 43 primeros molares superiores utilizando CBCT para un posible tratamiento microquirúrgico de la raíz palatina y concluyeron que este método podría proporcionar suficiente información para una técnica de microcirugía mínimamente invasiva a través de un acceso vestibular en lugar de un enfoque con acceso palatino³⁴. Low y cols. evaluaron 37 premolares y 37 molares en el maxilar superior derivados para cirugía apical; en ellos, se verificó que el CBCT fue capaz de identificar un 34% más de lesiones que la radiografía periapical y que la detección fue influenciada por la proximidad de los ápices al suelo del seno, y que era más difícil en segundos molares superiores. El CBCT también fue capaz de identificar engrosamiento de la membrana sinusal, la expansión de la lesión en el seno maxilar y las comunicaciones apicomarginales, mientras que las radiografías periapicales no lo eran. Estos son importantes marcadores prequirúrgicos que pueden indicar posibles complicaciones quirúrgicas, fístula antral oral y fractura vertical radicular²¹.

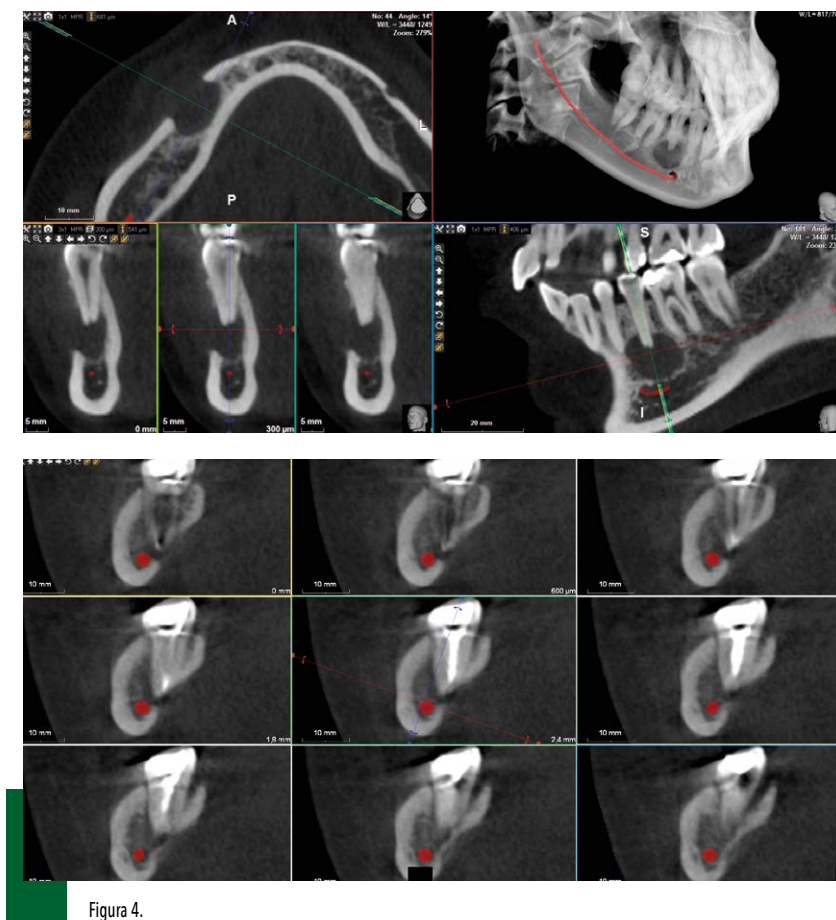


Figura 4.

Identificación de la reabsorción radicular

La reabsorción radicular es la pérdida de la dentina o del cemento como consecuencia de la actividad osteoclástica. La reabsorción puede clasificarse, según su localización, en interna o externa. Las células responsables de las reabsorciones, si son internas o externas, se han descrito como osteoclastos, odontoclastos y dentinoclastos.

La reabsorción radicular interna se produce exclusivamente como resultado de la inflamación pulpar.

Hasta hace muy poco, el diagnóstico de defectos de reabsorción interna o externa se ha limitado a la información obtenida de las técnicas de radiografía convencionales. Actualmente, se recurre al uso del CBCT en la planificación de diagnóstico y tratamiento de un caso de reabsorción³⁵ (fig. 5).

La identificación exacta es esencial para asegurar tanto el tratamiento correcto como la gestión, ya que difiere en función del tipo de reabsorción. Gartner y cols. ya describieron las directrices para diferenciar los tipos de reabsorción. El uso de las técnicas radiográficas 2D con paralelizador se postula como el método para diferenciar reabsorción interna de externa. Sin embargo, la radiografía convencional no representa la lesión, siendo incapaz

de identificar su verdadero tamaño, la ubicación y el acceso³⁶. Las ventajas diagnósticas del CBCT residen en la capacidad de su *software* para acceder a las vistas ortogonales más favorables relacionadas con la visión especial concreta y la capacidad de reproducir una imagen precisa en tres dimensiones de la lesión en relación con la anatomía de la raíz. Estudios realizados por Cohenca y cols. concluyeron que el CBCT era extremadamente útil para diagnosticar el grado de reabsorción, determinando el tratamiento posterior. Los defectos internos de la raíz, como reabsorciones, pueden perforar la superficie externa y esto puede no ser detectable mediante técnicas radiográficas convencionales. El examen debe hacerse durante el diagnóstico y la planificación del tratamiento. La principal limitación de las técnicas radiográficas convencionales es que una imagen bidimensional sólo puede proporcionar información clínica limitada con respecto a estructuras tridimensionales. El CBCT aporta información adicional pertinente sobre la ubicación y la naturaleza de la raíz. Con las bajas dosis eficaces y la información adicional pertinente proporcionada, el uso de escáneres CBCT se justifica en la gestión de complejos problemas endodónticos. Los resultados de imágenes obtenidas por CBCT pueden modificar la planificación del tratamiento, así como las técnicas que pueden emplearse durante una endodoncia quirúrgica o no quirúrgica^{37,38}.



Figura 5.

El diagnóstico de las lesiones quísticas y la patología no endodóntica

El diagnóstico de las lesiones quísticas es importante y existe controversia sobre si éstas se curan sin tratamiento quirúrgico, ya que los quistes sólo pueden diagnosticarse histológicamente, lo que implica la exéresis quirúrgica. Diferentes estudios han tratado de diferenciar entre granuloma y quistes por medio de formación de imágenes, basándose en las diferentes densidades de los contenidos de la cavidad. Simon y cols., en 2006, utilizando CBCT encontraron que el diagnóstico coincidió con el examen histológico en 13 de los 17 casos estudiados³⁹. Sin embargo, un estudio más reciente de Rosenberg y cols., utilizando una muestra mayor de 45 casos, llegó a la conclusión de que el diagnóstico no pudo confirmarse con CBCT⁴⁰. Otros estudios deben llevarse a cabo para determinar la capacidad de diagnóstico del CBCT en estos casos.

La identificación de la morfología dental

El tratamiento endodóntico de éxito depende de la correcta identificación de todos los canales de la raíz, esto permite la conformación, la limpieza y la obturación. La no identificación de la anatomía es una de las principales causas del fracaso endodóntico. Matherne y cols. compararon la capacidad de tres endodoncistas para detectar el número de conductos radiculares en radiografías digitales intraorales e imágenes con CBCT en 72 dientes extraídos en tres grupos iguales de molares superiores, premolares inferiores e incisivos mandibulares. Los observadores no

podieron detectar al menos uno de los conductos en el 40% de los dientes utilizando imágenes 2D⁴¹ (fig. 6).

Precauciones

Siguiendo los documentos de consenso elaborados por la Asociación Americana de Endodoncia y la Sociedad Europea de Endodoncia, se establecen unas recomendaciones para la utilización del CBCT en endodoncia. La primera recomendación establece que la radiografía intraoral debe ser la elección para el tratamiento endodóntico, mientras que un CBCT de campo pequeño sería recomendable para aquellos pacientes con signos confusos o inespecíficos, con dientes no tratados o con tratamientos endodónticos previos (fig. 7). También recomiendan que el CBCT podría considerarse para aquellos dientes con mayor posibilidad de poseer anatomías complejas o conductos accesorios (fig. 8); además, si no se ha tomado antes un CBCT, éste podría contemplarse para localizar conductos calcificados. Sin embargo, para el seguimiento de posoperatorios, el tratamiento de elección debe ser la radiografía intraoral. Cuando se sospecha de la posibilidad de una fractura vertical, sí que se puede considerar la necesidad de realizar un CBCT, lo mismo que cuando una lesión no cura y tenemos que plantearnos la posibilidad de una cirugía periapical y cuando nos encontramos con perforaciones o instrumentos separados antes de llevar a cabo un retratamiento; además, se recomienda cuando necesitamos evaluar la proximidad de áreas anatómicas delicadas, al igual que para el manejo de los traumatismos dentoalveolares en ausencia de daños en tejidos blandos o afectación maxilofacial^{42,43}.

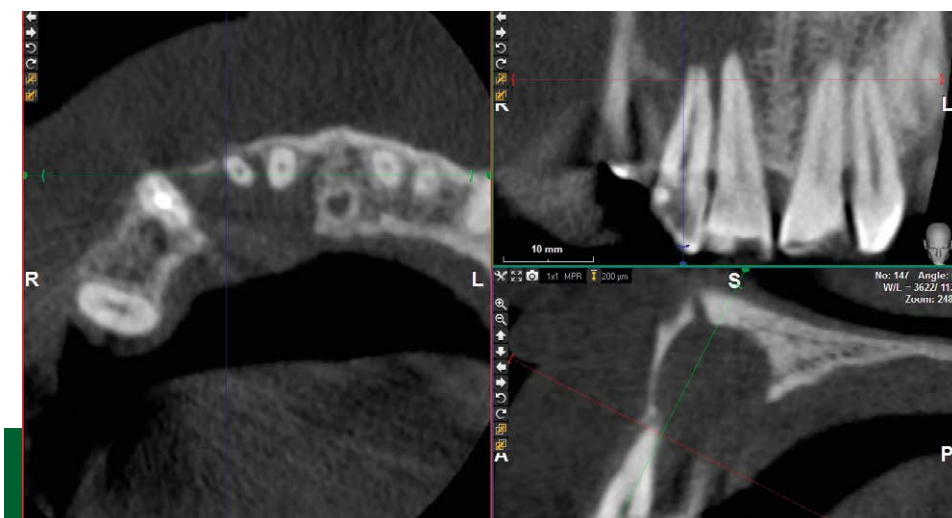


Figura 6.

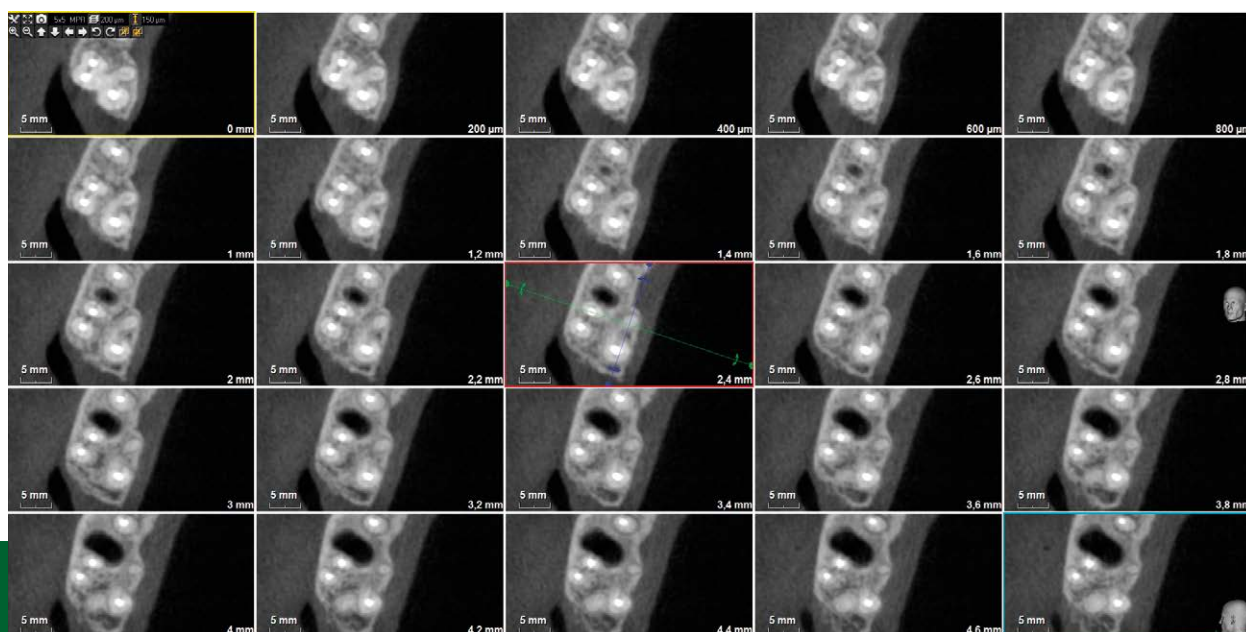


Figura 7.

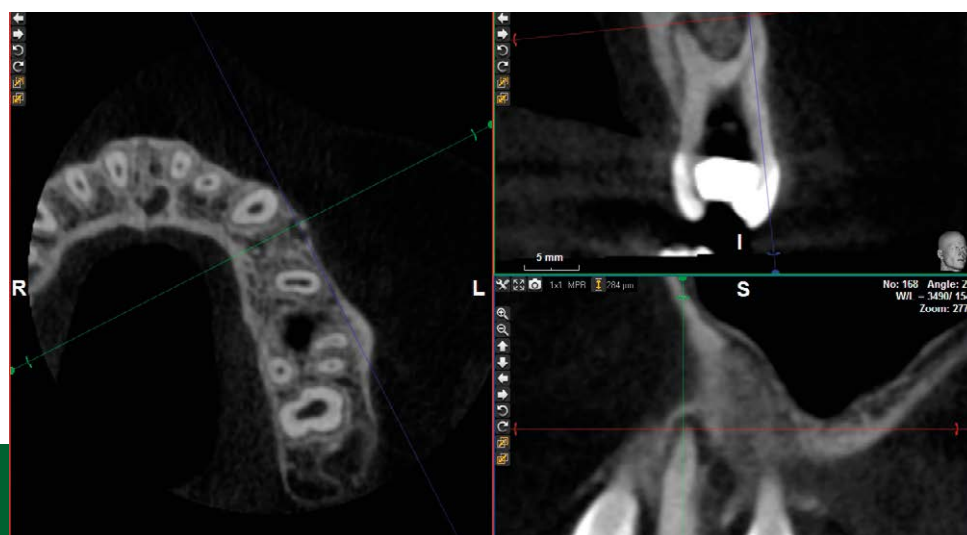


Figura 8.

Conclusiones

La ayuda de la tecnología CBCT en el diagnóstico en endodoncia, ya sea en el estudio de la morfología y las patologías del sistema de conductos, en la evaluación de la raíz y las fracturas alveolares, en el análisis de las reabsorciones, en la identificación de patologías de origen no endodóntico y en la valoración prequirúrgica, es un método muy valioso. Datos exactos llevan a mejores decisiones de planificación de tratamiento dando resultados más predecibles. Cuando se compara la CT médica con el CBCT, se comprueba que se ha aumentado la precisión, se obtiene una resolución más alta, se consigue una reducción del tiempo de exposición y la radiación es más moderada para el paciente.

En comparación con la radiografía periapical convencional, el CBCT elimina la superposición de las estructuras circundantes proporcionando información adicional clínicamente relevante.

Las radiografías convencionales bidimensionales siguen siendo la modalidad de imagen más aceptada y utilizada en endodoncia. Esto a pesar del hecho de que la literatura clásica y actual han puesto de manifiesto las limitaciones de las radiografías convencionales. Estas limitaciones surgen principalmente debido a la inherente proyección de una anatomía tridimensional, lo que conduce a distorsiones geométricas y, por consiguiente, la interpretación errónea.

A pesar de las evidentes ventajas que la tecnología CBCT ofrece en el campo de la odontología, hay algunos inconvenientes y limitaciones, ya que existe una creciente preocupación entre los radiólogos y maxilofaciales sobre el incremento de la radiación sobre los pacientes. Además, la interpretación de estas imágenes requiere un amplio conocimiento de diversas estructuras. Debido a que la información de un diagnóstico preciso lleva a mejores resultados clínicos, el CBCT podría llegar a ser una herramienta muy valiosa en la práctica de la endodoncia moderna⁴⁴.

La tecnología relativamente moderna de CBCT ha añadido otra dimensión a la radiografía dental y se está convirtiendo rápidamente en el *gold standard* para las inspecciones radiográficas en odontología. En la actualidad, no puede sustituir a la radiografía periapical por razones de costo y el grado de radiación efectiva⁴⁵. Sin embargo, como con todas las nuevas tecnologías, las técnicas mejorarán para reducir la dosis de radiación y los costos bajarán. Actualmente, el CBCT tiene un lugar de referencia en la endodoncia, donde el aumento del número de casos complejos justifica el uso de la tecnología y los beneficios para el paciente son mayores que los riesgos.

Bibliografía

1. Tamse A, Kaffe I, Fishel D. Zygomatic arch interference with correct radiographic diagnosis in maxillary molar endodontics. *Oral Surg.* 1980; 50: 563-5.
2. Patel S, Kanagasingam S, Mannocci F. Cone beam computed tomography (CBCT) in endodontics. *Dent Update.* 2010; 37 (6): 373-9.
3. Farman AG, Levato CM, Scarfe WC. 3D X-ray: an update. *Inside Dentistry.* 2007; 3 (6): 70-4.
4. Feldkamp LA, Davis LC, Kress JW. Practical cone beam algorithm. *J. Opt. Soc. Am. A.* 1984; 1 (6): 612-619.
5. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent.* 2009; 2009.
6. Kiarudi AH, Eghbal MJ, Safi Y, Aghdasi MM, Fazlyab M. The Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Endodontics: A Review of Literature. *Iran Endod J.* 2015; 10 (1): 16-25.
7. Tyndall DA, Rathore S. Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. *Dent Clin North Am.* 2008; 52 (4): 825-41.
8. Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. *Braz Dent J.* 2012; 23 (3): 179-91.
9. Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007. 132: 550-560.
10. Pauwels R, Beinsbergera J, Collaert B, Theodorakou C, Rogerse J, Walker A, Cockmartin, Bosmans H, Reinhilde J, Bogaerts R, Horner L. Sedentext Project Consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol.* 2012; 81 (2): 267-71.
11. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006; 35 (4): 219-26.
12. Abella F, Patel S, Durán-Sindreu F, Mercadé M, Bueno R, Roig M. Evaluating the periapical status of teeth with irreversible pulpitis by using Cone-Beam computed tomography scanning and periapical radiographs. *J Endod.* 2012; 38, 12: 1588-1591.
13. Ball RL, Barbizam JV, Cohenca N. Intraoperative endodontic applications of Cone-Beam computed tomography. *J Endod.* 2013; 39 (4): 548-57.
14. Bhuva B, James JJ, Patel S. The use of limited cone beam computed tomography in the diagnosis and management of a case of perforating internal root resorption. *Int Endod J.* 2011; 44: 777-786.
15. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone. Part I. *J Am Dent Assoc.* 1961; 62: 152-60.
16. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone. Part II. *J Am Dent Assoc.* 1961; 62: 708-16.
17. Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success - Who's reading the radiograph. *Oral Surg;* 1972. 33: 432-7.
18. Levin LG, Law AS, Holland GR, Abbott PV, Roda RS. Identify and define all diagnostic terms for pulpal health and disease states. *J Endod.* 2009; 35: 1645-57.
19. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod.* 2008; 34 (3): 273-9.

Bibliografía

20. **Lofthag-Hansen S, Huuomonen S, Gröndahl K, Gröndahl H.** Limited cone-beam CT and intra oral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; 103: 114-9.
21. **Low K, Dula K, Bürgin W, Von Arx T.** Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Tomography in Posterior Maxillary Teeth Referred for Apical Surgery Identification of root morphology and canal anatomy. *J Endod.* 2008; 34 (5): 557-562.
22. **Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG.** Endodontic applications of Cone-Beam volumetric tomography. *J Endod.* 2007; 33 (9): 1121-1132.
23. **García de Paula-Silva F, Hassan B, Bezerra da Silva L, Leonardo M, Wu M.** Outcome of Root Canal Treatment in Dogs Determined by Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography Scans. *J Endod.* 2009; 35 (5): 723-726.
24. **De Paula-Silva FW, Santamaría M Jr, Leonardo MR, Consolaro A, Da Silva LA.** Cone-beam computerized tomographic, radiographic, and histologic evaluation of periapical repair in dogs' postendodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108 (5): 796-805.
25. **Tamse A, Fuss Z, Lustig J, Kaplavi J.** An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *J Endod.* 1999; 25: 506-8.
26. **Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS.** A demographic analysis of vertical root fractures. *J Endod.* 2006; 32: 1160-3.
27. **Hannig C, Dullin C, Hülsmann M, Heidrich G.** Three-dimensional, non-destructive visualization of vertical root fractures using flat panel volume detector computer tomography: an ex vivo in vitro case report. *Int Endod J.* 2005; 38 (12): 904-13.
28. **Rud J, Omnell K.** Root fractures due to corrosion. Diagnostic aspects. *Journal of European Sciences.* 1970; 78 (1-4): 397-403.
29. **Edlund M, Nair M, Nair U.** Detection of Vertical Root Fractures by Using Cone-beam Computed Tomography: A Clinical Study. *J Endod.* 2011; 37 (6): 768-772.
30. **Gassner R, Bosch R, Emshoff R.** Prevalence of dental trauma in 6000 patients with facial injuries: Implications for prevention. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1999; 87: 27-33.
31. **Bernardes RA, De Moraes IG, Hungaro Duarte MA, Azevedo BC, De Azevedo JR, Bramante CM.** Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108 (2): 270-7.
32. **Cotti E, Vargiu P, Dettori C, Mallarini G.** Computerized tomography in the management and follow-up of extensive periapical lesion. *Endodontics and Dental Traumatology.* 1999; 15: 186-9.
33. **Velvart P, Hecker H, Tillinger G.** Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Endodontology.* 2001; 92: 682-8.
34. **Rigolone M, Pasqualini D, Bianchi L, Berutti E, Bianchi SD.** Vestibular surgical access to the palatine root of the superior first molar: "low-dose cone-beam" CT analysis of the pathway and its anatomic variations. *J Endod.* 2003; 29: 773-5.
35. **Shemesh H, Cristescu RC, Wesselink PR, Wu M.** The use of Cone-Beam computed tomography and digital periapical radiographs to diagnose root perforations. *J Endod.* 2011; 37 (4): 513-516.
36. **Gartner AH, Mack T, Somerlott RG, Walsh LC.** Differential diagnosis of internal and external root resorption. *J Endod.* 1976; 2: 329-34.
37. **Cohenca N, Simon JH, Roges R, Morag Y, Malfaz JM.** Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries. *Dental Traumatology.* 2007; 23: 95-104.
38. **Cohenca N, Simon JH, Marhtur A, Malfaz JM.** Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dental Traumatology.* 2007; 23: 105-13.
39. **Simon JH, Enciso R, Malfaz JM, Roges R, Bailey-Perry M, Patel A.** Differential diagnosis of large periapical lesions using cone-beam computed tomography measurements and biopsy. *J Endod.* 2006; 32: 833-7.
40. **Rosenberg PA, Frisbie J, Lee J, Lee K, Frommer H, Kottal S, Phelan J, Lin L, Fisch G.** *J Endod* 2010; 36 (3): 423-8.
41. **Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D.** Use of CBCT to identify root canal systems in vitro. *J Endod.* 2008; 34: 87-89.
42. **Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update.** *J Endod.* 2015 Sep; 41 (9): 1393-6.
43. **Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P, Lemberg K.** European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *Int Endod J.* 2014 Jun; 47 (6): 502-4.
44. **Kaya S, Yavuz I, Uysal I, Akkus Z.** Measuring bone density in healing periapical lesions by using Cone Beam computed tomography: A clinical investigation. *J Endod.* 2012; 38, 1: 28-31.
45. **Martín Palomo J, Rao P S, Hans MG.** Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 105: 773-782.