

Comparación entre radiografías tradicionales y tridimensionales en odontología

Dr. Kia Juan Koushyar

CD, FADI, FADFE. Profesor ADM. Comité Editorial IJOICR, IJCID y JDI. Cuernavaca, México y Montreal, Canadá.

Dr. Lanka Mahesh

CD, MC, MO, MBA, DICOI, FICOI, FISOI., Editor IJOICR. Conferenciante Internacional. Nueva Deli, India.

Resumen

Las radiografías tradicionales bidimensionales se han usado por mucho tiempo en todas las áreas de la odontología. Con la llegada de la imagenología tridimensional (3D) como alternativa, se han explotado una serie de posibilidades en los procedimientos odontológicos, principalmente ortodoncia, endodoncia e Implantología, y en el área de la investigación. Este estudio pretende describir y comparar ambos sistemas radiológicos. Se concluyó que la imagen 3D es superior por su precisión, sin embargo su aún alto costo evita que se adopte como norma.

Palabras clave: radiología, radiografía, 3D, tridimensional, ortopantomografía, cefalometrías, Implantología, tecnología dental.

Introducción

Hace un par de décadas, en la Odontología las herramientas estándar para el diagnóstico y plan de tratamiento eran las imagenologías conocidas como radiografías bidimensionales (Rx2D) que ahora las conocemos como las "tradicionales", destacándose las radiografías periapicales (RxPA) y las ortopantomografías (OPG).¹ Por ejemplo, esta última es comúnmente utilizada en el diagnóstico ortodóntico y monitoreo del progreso del tratamiento, sin embargo al ser laminográfica, la imagen sufre un grado variable de distorsión lineal.²

La tomografía computarizada se ha usado ampliamente en la medicina desde 1970³ y apareció en la investigación endodóntica en 1990.⁴ Se ha presenciado una evolución en los fundamentos

diagnósticos de la odontología clínica al avanzar hacia una tendencia tridimensional (3D) auxiliándose de la utilización de la tomografía computarizada con haz cónico (CBCT, por sus siglas en inglés) por primera vez en 1997.⁵ Ésta tecnología tiene diversas aplicaciones importantes en diferentes especialidades que incluyen impactación dentaria, imágenes de la articulación temporomandibular (ATM), cirugía maxilofacial (CMF), defectos maxilares, rehabilitación de implantes dentales, endodoncia y ortodoncia (Figuras 1.A y B).

Pronto esta tecnología se comenzó a aplicar para la planeación de implantes dentales, puesto que se podía planear la localización 3D exacta de éstos (Figuras 2.A-D). Fue considerada un gran avance en la Implantología por hacerla más predecible sobre las radiografías tradicionales.⁵ Puesto que el objetivo primordial de la colocación implantaria es soportar restauraciones que restablezcan la estética, función y morfología oral de los pacientes. Sin embargo, es un proceso sensible a la técnica que idealmente se debe realizar con varios procedimientos diagnósticos, además de ser guiados.⁶

En 1984, Samawi y Burke² utilizaron una malla para representar la curvatura de la dentición en los maxilares para determinar la precisión de la proyección de las estructuras en la película de rayos-X de la OPG. Desde entonces se buscaba confiabilidad en el método diagnóstico 2D, ahora ha aumentado considerablemente la cantidad de estudios comparativos en relación con imágenes 3D.

Chung et al,⁷ compararon valores cefalométricos angulares de cefalogramas laterales tradicionales escaneados contra cortes generados por CBCT. Demostraron que la imagen obtenida por CBCT puede usarse para realizar análisis cefalométricos tradicionales con niveles de precisión similares a las cefalometrías laterales tradicionales. Asimismo, en la Universidad de Indiana Chien et al,⁸ han comparado la eficacia en identificación de puntos de referencia en imágenes de CBCT 3D y cefalogramas laterales 2D digitales. Se concluyó que las imágenes 3D permiten mejorar la confiabilidad interobservadora e

intraobservadora en ciertos puntos de referencia in vivo al ser comparados con imágenes 2D.

Investigadores turcos⁹ también se han interesado en evaluar la confiabilidad de las cefalometrías 3D al compararlas con las 2D tradicionales en medidas cefalométricas angulares, así es como reportaron que se obtuvo diferencia significativa ($P < 0.05$) en las medidas U1-NA y U1-SN. En el Departamento de Ortodoncia de la Universidad de Texas,¹⁰ se evaluó la posibilidad de que la tecnología 3D reemplazara las imágenes 2D tradicionales en el análisis post-tratamiento, por medio de técnicas de superposición en pacientes sometidos a CMF. Se analizaron los archivos al plotear puntos de referencias de tejido blando, sin embargo los resultados no fueron estadísticamente significativos entre los sistemas de captura de imagen.

Tal es el auge de los análisis cefalométricos 3D que en un estudio reciente en Bélgica,¹¹ se comparó la reproducibilidad de identificación de las marcas de referencia de dos sistemas. Se concluyó que el análisis 3D-ACRO fue significativamente más reproducible que el 3D-Swennen ($p=0.0027$). En Francia,¹² se desarrolló un método de análisis cefalométrico 3D que permite conocimiento exacto y sin ambigüedad de las estructuras maxilofaciales usando 14 puntos de referencia relacionadas al eje neuromatrical de crecimiento facial.

De acuerdo con un sobresaliente estudio sobre la distorsión por variación en la posición de la cabeza dirigido por el ortodoncista estadounidense de ascendencia iraní: Moshiri,¹³ los cortes axiales 2D de CBCT y reconstrucciones panorámicas no presentaron influencia en la precisión de las mediciones de la anatomía mandibular.

El objetivo de este estudio de análisis de literatura recopilada de corte internacional, es describir y contrastar las características de las radiografías tradicionales contra las tridimensionales para conocer mejor sus beneficios y explorar las aplicaciones clínicas potenciales para maximizar la calidad de servicios orientados a la práctica clínica médico-estomatológica. Se hace énfasis en evaluar la eficacia de la CBCT para aplicaciones clínicas seleccionadas en las áreas de ortodoncia, endodoncia e Implantología.

Materiales y métodos

Para la realización de esta revisión de literatura, en Mayo del 2011 se buscaron artículos referentes al tema tratado por medio de la base de datos de MEDLINE del sistema PubMed al introducirle las palabras clave "3D cephalometrics"; se obtuvieron 7 resultados publicados o en proceso de publicación que datan desde Marzo del 2008 a Junio del 2010.^{5,7-12} Por lo tanto se realizó una búsqueda adi-

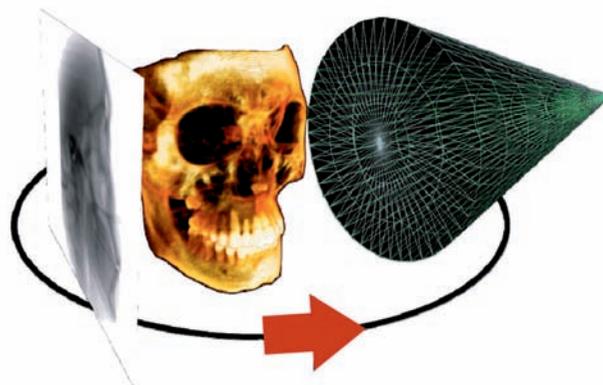


Figura 1-A. El principio de acción de la CBCT. (Cortesía: Dr. Bassam Hassan)

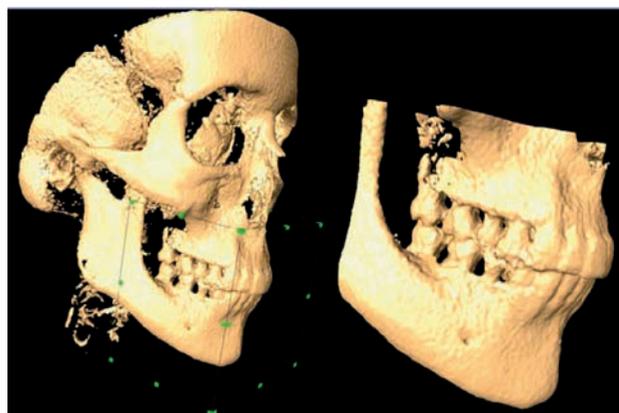


Figura 1-B. Área de gran rango escaneado (izquierda) y selección limitada a las arcadas dentarias al usar una región cúbica de interés (derecha). (Cortesía: Dr. Bassam Hassan)

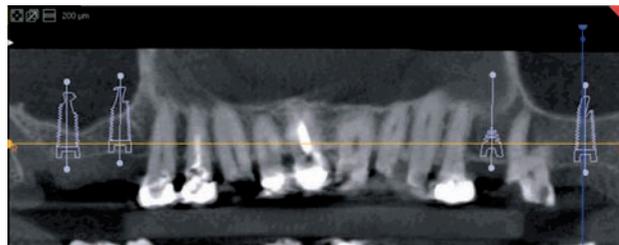


Figura 2-A. La planeación de los tratamientos es fundamental para prevenir los accidentes y maximizar los resultados, especialmente en procedimientos quirúrgicos.



Figura 2-B. En esta imagen observamos una vista oclusal por medio de un corte transversal al nivel de la línea amarilla observada en la figura 1-A.

cional manualmente de otros artículos publicados en revistas internacionales indizadas y revisadas por pares, así como haber establecido contacto con algunos autores expertos en la materia para obtención de literatura de relevancia y pertinente al tema,^{1,14-16,22} dando la suma de 32 referencias bibliográficas consultadas para cumplir con los criterios de confiabilidad del presente escrito.

Resultados

Las Rx2D son la elección para evaluar estructuras cráneo-faciales para el análisis cefalométrico ortodóntico.¹⁴ La deficiencias de esta técnica bien reconocida son la superimposición de ambas estructuras laterales del cráneo y la distorsión de las estructuras faciales medias.^{17,18}

En un estudio de OPG de Samawi et al,² obtuvieron como resultado que la región canina-premolar de ambas arcadas expresó la mayor cantidad de distorsión angular y variabilidad, sin embargo, las regiones de los terceros molares fueron las menos variables.

El diagnóstico, la planeación y el manejo de casos de atrofia maxilar se facilitan con imagenología asociada a programas de computadora por la reducción de la incidencia de complicaciones, así como el mejoramiento del curso post-operatorio y el resultado funcional (figuras 3.A y B).¹⁹ Este método brinda información más precisa que las cefalometrías convencionales, además de permitir análisis transversal y medición de asimetrías. También tiene una variedad de aplicaciones en medicina clínica y en las técnicas más modernas en investigación.¹²

Se evaluó la precisión de las medidas lineares 3D de imágenes generadas de CBCT al compararse con proyecciones cefalométricas 2D laterales y antero-posteriores en 80 cráneos para conocer la influencia de la posición de la cabeza del paciente al comparar la posición ideal con la rotada. Se obtuvo que las imágenes 3D se acercaron más a las medidas físicas que los cortes e imágenes 2D proyectadas.¹⁴

Se han empleado estudios 3D para analizar la efectividad de procedimientos quirúrgicos que tienen la finalidad de preservar alveolos y rebordes alveolares, y así determinar si realmente se evita el colapso post-extracción.²⁰

La CBCT permite al clínico hacer una variedad de análisis para conocer las características de las estructuras óseas, entre estos la calidad del hueso, el cual se puede examinar en una escala de grises conocido como unidades Hounsfield, así como inspeccionar la topografía y grosor de las corticales. El volumen óseo se puede examinar esencialmente para prever la vascularidad para la maduración

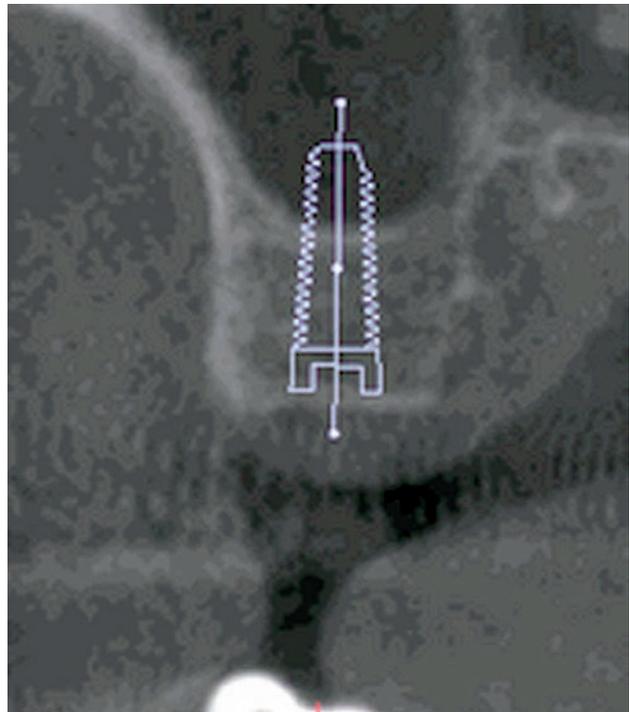


Figura 2-C. Se observa un corte coronal al nivel de la línea azul de las figuras 1-A y 1-B, ideal para planificar el procedimiento para aumento de seno maxilar y ubicación del implante.



Figura 2-D. Esta es una imagen que reproduce tridimensionalmente las estructuras duras del maxilar superior.

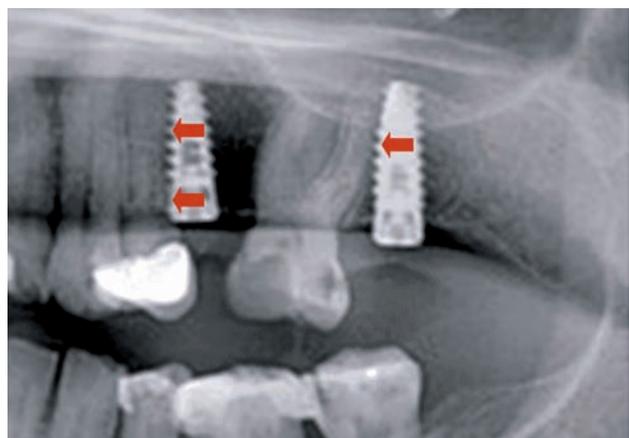


Figura 3-A. En este fragmento izquierdo de OPG, las flechas rojas nos indican la zona del implante que aparentemente pone en compromiso biológico al respectivo órgano dentario adyacente.

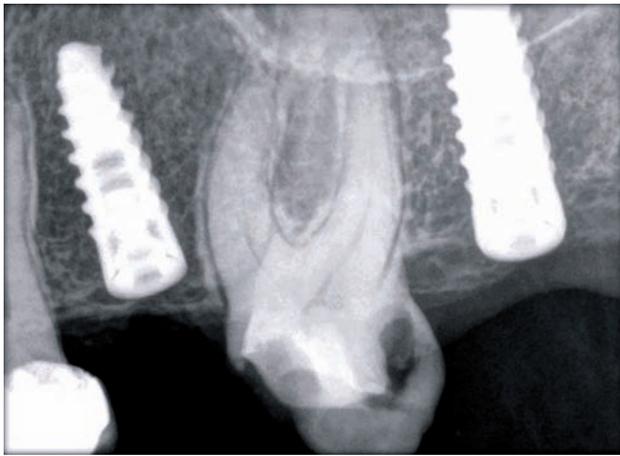


Figura 3-B. Por la RxPA obtenida con el radiovisiógrafo concluimos un pronóstico favorable a diferencia de la distorsión obtenida en la figura 3-A.

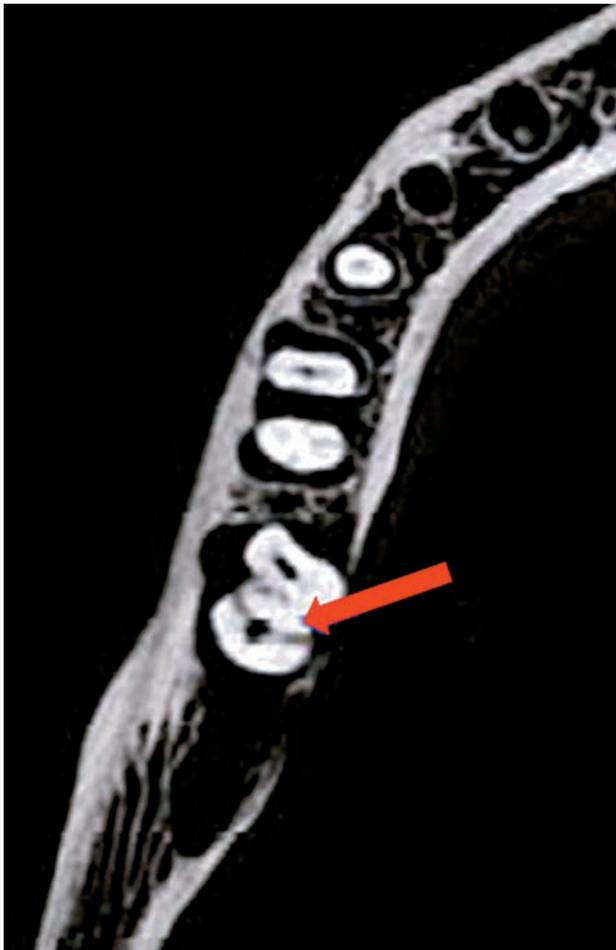


Figura 4. Fragmento de porción mandibular izquierda obtenida por una reconstrucción CBCT que en un corte axial denota la fractura radicular. (Cortesía: Dr. Bassam Hassan)

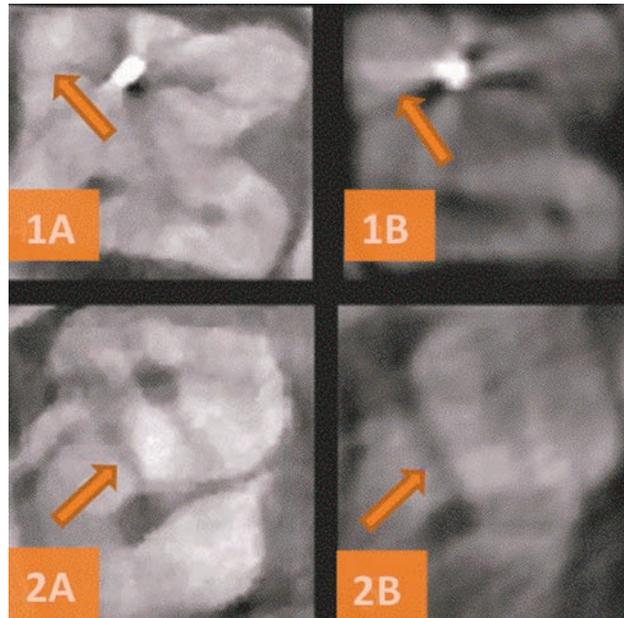


Figura 5. Ejemplo de un corte seccional axial mostrando una línea de fractura vertical (flecha anaranjada) en una raíz con RCR (fila 1) y en una raíz sin RCR (fila 2). A y B son diferentes sistemas de CBCT. (Cortesía: Dr. Bassam Hassan)

y preservación ósea. Se pueden detectar defectos óseos que resultan cruciales para decidir algún procedimiento de injerto. Al no encontrarse distorsión se puede planear mejor el tratamiento como en el caso de la terapia implantológica de acuerdo al sitio receptor, el tamaño y diseño del implante.^{1,6,19}

Por ejemplo, en un importante estudio de Shakibaie-M²⁰ se demostró un 50% en el aumento de la densidad de hueso local después de los procedimientos de preservación de reborde alveolar favoreciendo así a la estabilidad primaria del implante en caso de contemplarlo, por lo que los tratamientos de aumento fueron necesarios en tan sólo el 10% durante la correcta posición de implantación tridimensional.

En el campo de la Endodoncia la tecnología 3D también ha mostrado ser muy útil. Por ejemplo, se comparó la exactitud de la CBCT contra la RxPA para detectar fracturas radiculares verticales (FRVs) y evaluar la influencia del relleno del conducto radicular (RCR) en la visibilidad de la fractura. En general, los resultados mostraron una exactitud mayor de los escaneos de CBCT sobre las RxPA para detectar las FRVs (figura 4).¹⁵ El mismo grupo de investigadores de Amsterdam,¹⁶ comparó los escaneos de CBCT de 5 diferentes sistemas para detectar FRVs de dientes tratados endodónticamente que fueron colocados en mandíbulas secas. Se evaluaron las imágenes en planos sagital, coronal y axial. Los resultados de los cortes axiales fueron significativamente más precisos para la detección de FRVs y se detectaron más en molares que premolares. Se concluyó que la presencia de RCR redujo la especificidad en todos los sistemas pero no influyó la precisión.

Recientemente Bornstein et al,²¹ evaluaron molares mandibulares antes de someterse a cirugía apical comparando RxPA convencionales con imágenes coronales de CBCT en las que se midió la distancia de los ápices a la superficie ósea bucal y el grosor correspondiente de la cortical ósea. Entre los resultados se obtuvo que un 25.9% de las lesiones diagnosticadas con cortes sagitales de CBCT se pasaron por alto en las RxPA, además que la distancia entre los ápices y el cuerpo superior del canal mandibular solo se pudo medir en el 35.3% de los casos al utilizar la RxPA. Se demostraron las notables ventajas de usar 'CBCT limitado' para el plan de tratamiento en molares mandibulares antes de cirugía apical.

En la Universidad de Sao Paulo en colaboración con el Doctor iraquí: Hassan,²² se comparó el resultado favorable del tratamiento de conducto radicular (TCR) mediante RxPA y escaneo por CBCT. Se indujo periodontitis apical en diversos grupos de dientes de perro y a los 6 meses del TCR mostraron resultados favorables en el 79% de la raíces usando RxPA y tan sólo un 35% al usar CBCT. Para los autores de este artículo (Koushyar y Maesh), estos datos sugieren que es posible ignorar más de la mitad de los fracasos al valerse de la RxPA como método diagnóstico.

Discusión

Al analizar los datos obtenidos, se reconoce que las Rx2D tradicionales como la OPG, aleta de mordida y RxPA están sometidas a errores de magnificación y distorsión dimensional.^{2,5}

Las imágenes capturadas por CBCT ofrecen el potencial de planeación de tratamiento más acertado puesto que las estructuras anatómicas están reproducidas en su forma y tamaño verdadero. Hay varios tipos de imágenes que se pueden generar de la información recabada de CBCT, tales como cortes reformateados multi-planar tomográficos 2D, proyecciones cefalométricas postero-antérieures y laterales virtuales 2D, superficie 3D e imágenes volumétricas, y reconstrucciones panorámicas.¹⁴ Por tal motivo, son aprovechadas en múltiples áreas odontológicas, tanto de diagnóstico como planeación quirúrgica, desde ortodoncia hasta endodoncia.^{5,9} La CBCT se comienza a utilizar con más frecuencia en ortodoncia clínica, planeación de implantes, imageneología de la ATM y CMF.²³

Las características (especificaciones técnicas, calidad de imagen, dosis de radiación y protocolos de escaneo) de los distintos modelos de escáneres son variables, al grado que los resultados de eficacia de un sistema no se pueden extrapolar a otro. Los diferentes sistemas de CBCT operan a diferentes valores de kVp en un rango bajo de 40 hasta uno alto de 120.²⁴ La falta de uniformidad de diferentes

sistemas y modelos resulta en una gran discrepancia en el resultado de la calidad de imagen y la dosis de radiación que recibe el paciente.^{25,26}

Con la disminución de la exposición a la radiación y en un futuro su menor costo, las cefalometrías 3D serán mejor alternativa que las 2D.⁹ Aunque hay estudios que no dan los mismos créditos por mencionar que los tipos de técnicas de superimposición usados en las modalidades de imágenes estudiadas fueron similares.¹⁰

En los estudios realizados a 2 sistemas 3D, los autores propusieron una clasificación y criterios de exclusión como puntos de referencia usados en cefalometrías 3D, basados en reproducibilidad inter-observadora y realidad anatómica.¹¹

De acuerdo a estudios de Bruntz¹⁷ y Chen¹⁸ los planos cefalométricos obtenidos por la CBCT, permiten distinguir el lado derecho del izquierdo y elimina virtualmente cualquier artefacto superpuesto.

Actualmente el sistema 3D es más adecuado para el diagnóstico de anomalías ortodónticas complejas. Incluso por medio de la CBCT, es posible obtener modelos de arcadas dentarias y esqueleto maxilofacial para diagnóstico ortodóntico y plan de tratamiento. Por lo tanto, tiene aplicaciones clínicas importantes como la localización de dientes en caninos impactados, manejo de pacientes ortodónticos con dientes impactados,²⁷ además de la aplicación potencial en la evaluación de la cantidad de hueso disponible en la pre-maxila regiones duras del paladar para la colocación de mini-tornillos.²⁸

Para un diagnóstico certero se requiere plantillas radiográficas, escaneos tomográficos computarizados y programas para simulación quirúrgica. Se ha demostrado cómo la cirugía guiada por computadora y la guía quirúrgica fresada por computadora permiten la colocación precisa del implante,^{6,19} incluso evitando técnicas de reconstrucción en algunos rebordes atroficos.¹⁹ Los avances recientes en tecnología de tomografía computarizada (CT) y CBCT, al combinarse con la evolución de las aplicaciones de programas virtuales interactivos para planeación-tratamiento, han demostrado ser una herramienta útil para apoyar a los clínicos en lograr reconstrucciones con implantes verdaderamente guiados protésicamente.^{1,6,19,24}

Hay valor diagnóstico de la CBCT en detectar lesiones periapicales como la periodontitis apical. Cuando se presenta pérdida ósea es posible no encontrarse radiolucidez apical en la RxPA, dependiendo de la densidad y grosor del hueso cortical que lo cubre y la distancia entre la lesión y el hueso cortical.^{29,30} En la RxPA 2D cuando una lesión ósea se encuentra en el hueso esponjoso y la cortical ósea está intacta, es posible que por

la superposición la lesión ósea no sea detectable. Incluso se ha reportado que una lesión clínica de hasta 8 mm de diámetro puede presentarse sin radiolucidez.^{31,32} El estudio llevado a cabo en Sao Paulo y mencionado con anterioridad,²² indica que la CBCT permite detectar lesiones apicales post-tratamiento, puesto que permite obtener medidas exactas del tamaño de la lesión antes y después del TCR. Tiene un valor agregado ya que al compararse con el análisis histológico, se encontró una alta correlación entre estas modalidades.

Otros estudios^{15,16} reportan grandes diferencias en la precisión de diferentes sistemas para una tarea diagnóstica en particular como las FRVs (figura 5).

Para la detección de FRVs en dientes tratados endodónticamente, se demostró que es posible detectar fracturas tan delgadas como un cabello. Se detectaron más fracturas en cortes axiales que sagitales o coronales, además que el RCR crea artefactos que simulan líneas de fractura y dificulta su detección puesto que enmascaran la verdadera fractura. El tamaño de las fracturas se encontró en el rango de 60-550 μ m y se evidencia una fuerte correlación entre el tamaño de la fractura y su visibilidad.

Las imágenes de la CBCT 3D es posible combinarlas con imágenes del microscopio endodóntico para proveer una vista radiográfica y clínica exacta y completa del espacio intraoperatorio del conducto radicular.

En el futuro, la CBCT en la endodoncia permitirá mejorar la visibilidad de las líneas de fractura, calcificaciones internas y resorciones radicales. La introducción del escaneo colimado de alta resolución confinado al diente a evaluar reducirá la radiación de la dosis, además de una máxima resolución y visibilidad del espacio del conducto. Los algoritmos de reducción de artefactos de metal se están introduciendo para minimizar el efecto por el RCR y postes metálicos.

Una de las metas más sorprendentes a alcanzar en el futuro, es poder explorar virtualmente a nivel histológico basado en un microCT, sin necesidad de hacerlo ex vivo como actualmente se realiza, para evaluar cuantitativamente el estado y la respuesta terapéutica de los tejidos de interés.

Conclusiones

En conclusión, las nuevas técnicas como la tomografía computarizada con haz de cono (CBCT), los programas de planificación 3D y la tecnología CAD/CAM, han revolucionado la práctica dental moderna porque proveen una visión clara de la anatomía de la región maxilofacial, diagnóstico clínico y creación de modelos 3D de los maxilares y la dentición. Así es como nos han alejado enormemente de la radiografía 'tradicional' y los modelos de yeso, permitiendo nuevas aplicaciones jamás consideradas anteriormente como una posibilidad, para acercarnos a la realidad virtual por los resultados de la alta correlación entre mediciones radiográficas y físicas que sugieren alta precisión de reconstrucciones 3D por CBCT.

Sin embargo, aún se tienen que tratar protocolos de reconstrucción, escaneo y calidad de imagen antes de explotar su máximo potencial. Una variedad de desarrollos importantes en el equipo y los programas de CBCT tendrán un gran impacto en las aplicaciones futuras de esta modalidad de imagen.

El factor económico sigue siendo un impedimento para que sea más popular que las radiografías tradicionales, sin embargo, siempre que haya la oportunidad de valerse de la precisión ofrecida por la tecnología 3D, el clínico está obligado a ofrecerlo al paciente para su mayor seguridad y beneficio.

Agradecimientos

El primer autor expresa su más sincero reconocimiento al Dr. Esteban Barragán ubicado en Cuernavaca, por permitirle participar en procedimientos quirúrgicos de alta complejidad.

Al MCO. Enrique Reyes-Vela, Jefe de Departamento de Estomatología UAA y Profesor de Radiología Estomatológica, por su amable participación en la revisión del escrito.

Al Dr. Scott D. Ganz de EUA y al Dr. Bassam Hassan quien radica en Holanda, por su disposición y distinguidas aportaciones para hacer posible este proyecto de difusión tecnológica.

Referencias bibliográficas

1. Ganz SD. Defining New Paradigms for Assessment of Implant Receptor Sites. The Use of CT/CBCT and Interactive Virtual Treatment Planning for Congenitally Missing Lateral Incisors. *Compend Contin Educ Dent.* 2008 Jun; 29: 5:256-67.
2. Samawi SS, Burke PH. Angular distortion in the orthopantomogram. *Br J Orthod.* 1984 Apr;11(2):100-7.
3. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—An increasing source of radiation exposure. *N Eng J Med* 2007;357:2277-84.
4. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol* 1990;6:16-20.
5. Chenin DL. 3D cephalometrics: the new norm. *Alpha Omegan.* 2010 Jun;103(2):51-6.
6. Klein M, Abrams M. Computer-guided surgery utilizing a computer-milled surgical template. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2001 Mar;13(2):165-9.
7. Chung RR, Lagravere MO, Flores-Mir C, Heo G, Carey JP, Major PW. A comparative analysis of angular cephalometric values between CBCT generated lateral cephalograms versus digitized conventional lateral cephalograms. *Int Orthod.* 2009 Dec;7(4):308-21.
8. Chien PC, Parks ET, Eraso F, Hartsfield JK, Roberts WE, Ofner S. Comparison of reliability in anatomical landmark identification using two-dimensional digital cephalometrics and three-dimensional cone beam computed tomography in vivo. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009 Jul;38(5):262-73.
9. Nalçacı R, Oztürk F, Sökücü O. A comparison of two-dimensional radiography and three-dimensional computed tomography in angular cephalometric measurements. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010 Feb;39(2):100-6.
10. Incrapera AK, Kau CH, English JD, McGrory K, Sarver DM. Soft tissue images from cephalograms compared with those from a 3D surface acquisition system. *Angle Orthod.* 2010 Jan;80(1):58-64.
11. Olszewski R, Tanesy O, Cosnard G, Zech F, Reyhler H. Reproducibility of osseous landmarks used for computed tomography based three-dimensional cephalometric analyses. *J Craniomaxillofac Surg.* 2010 Apr;38(3):214-21
12. Faure J, Oueiss A, Marchal-Sixou C, Braga J, Treil J. [Three-dimensional cephalometry: applications in clinical practice and research]. *Orthod Fr.* 2008 Mar;79(1):13-30.
13. 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 Oct;132(4):550-60.
14. Hassan B, van der Stelt P, Sanderink G. Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: influence of patient scanning position. *Eur J Orthod.* 2009 Apr;31(2):129-34.
15. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod* 2009 May ;35(5):719-22.
16. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Comparison of five Cone Beam Computed Tomography systems for detecting vertical root fractures in endodontically treated teeth. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):126-9.
17. Bruntz LQ, Palomo JM, Baden S, Hans MG. A comparison of scanned lateral cephalograms with corresponding original radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 Sep;130(3):340-8.
18. Chen YJ, Chen SK, Yao JC, Chang HF. The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. *Angle Orthod.* 2004 Apr;74(2):155-61.
19. Peñarrocha M, Boronat A, Carrillo C, Albalat S. Computer-guided implant placement in a patient with severe atrophy. *J Oral Implantol.* 2008;34(4):203-7.
20. Shakibaie-M B. Socket and ridge preservation from the three-dimensional perspective - A clinical study -. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 2009;4: 369-77
21. Bornstein MM, Lauber R, Sendi P, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery. *J Endod* 2011 Feb;37(2):151-7.
22. Garcia de Paula-Silva FW, Hassan B, Bezerra da Silva LA, Leonardo MR, Wu M. Outcome of root canal treatment in dogs determined by periapical radiography and cone-beam computed tomography scans. *J Endod* 2009 May ;35(5):723-6.
23. Sakabe R, Sakabe J, Kuroki Y, Nakajima I, Kijima N, Honda K. Evaluation of temporomandibular disorders in children using limited cone-beam computed tomography: a case report. *J Clin Pediatr Dent.* 2006 Fall;31(1):14-6.
24. De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Jun ;38(6):609-25.
25. Loubele M, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D, White SC, Suetens P. Comparative study of image quality for MSCT and CBCT scanners for dentomaxillofacial radiology applications. *Radiat Prot Dosimetry.* 2008;129(1-3):222-6.
26. Loubele M, Jacobs R, Maes F, Denis K, White S, Coudyzer W, Lambrichts I, van Steenberghe D, Suetens P. Image quality vs radiation dose of four cone beam computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 Sep ;37(6):309-18.
27. Walker L, Enciso R, Mah J. Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005 Oct ;128(4):418-423.
28. Korbmayer H, Kahl-Nieke B, Schöllchen M, Heiland M. Value of two cone-beam computed tomography systems from an orthodontic point of view. *J Orofac Orthop.* 2007 Jul ;68(4):278-289.
29. van der Stelt PF. Experimentally produced bone lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985;59:306-12.
30. Huuononen S, Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endod Topic* 2002;1:3-25.
31. Stabholz A, Friedman S, Tamse A. Endodontic failures and re-treatment. En: Cohen S, Burns RC, eds. *Pathways of the pulp.* 6th ed. St Louis, MO: Mosby; 1994:692-3.
32. Ricucci D, Bergenholtz G. Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries—a histobacteriological study of treated cases. *Int Endod J* 2003;36:787-802.