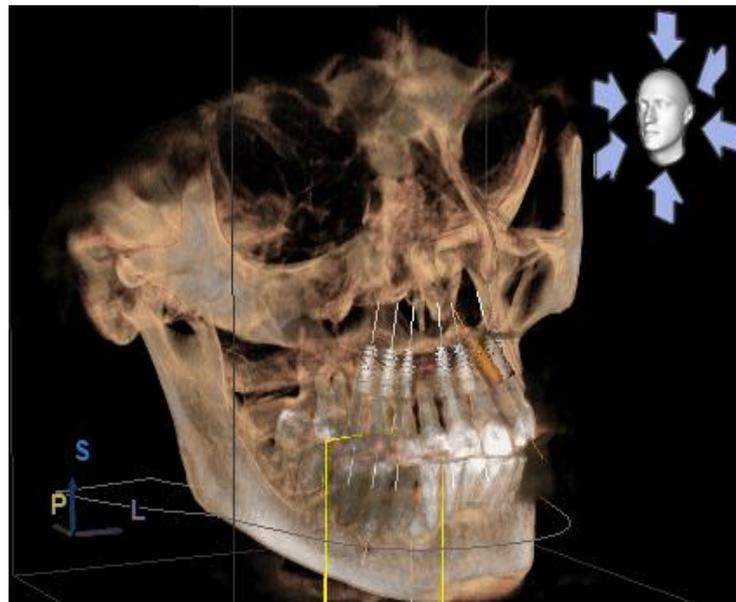


TESIS DOCTORAL



Análisis Radiológico y Clínico de la Tomografía Volumétrica de Haz Cónico: Su interés en Salud Pública.



UNIVERSIDAD DE MALAGA

Facultad de Medicina

Carolina Fernández-Crehuet Serrano

Málaga, 2016.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

AUTOR: Carolina Fernández-Crehuet Serrano

 <http://orcid.org/0000-0002-9790-9127>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): riuma.uma.es



Agradecimientos

A mi marido y director de tesis, Carlos, por estar a mi lado siempre , por su paciencia, apoyo y amor incondicional. Mención especial al hijo que esperamos y que antes de nacer ya queremos con locura.

Infinitas gracias a mi padre y director de tesis, principal artífice de que éste trabajo sea ya una realidad. Por su inmensa dedicación, nunca podré agradecerle tanto su implicación y entusiasmo. Por todos sus sabios consejos.

A mi madre por su ejemplo, amor y comprensión.

A mis hermanos por su confianza y respaldo en todo momento.

Quiero hacer patente mi agradecimiento a Alberto Cuevas, sin su ayuda y generosa colaboración éste trabajo no hubiese sido posible. Muchas gracias a la Clínica Dental Cuevas Queipo , a todo su equipo, en especial a Teresa Queipo y Jose Montes.

Al los profesores del Dpto. de Medicina Preventiva y Salud Pública Enrique G., Antonio G., Mario G., Alberto M., y Jorge G. y a su administrativa Ana, por su ayuda para poder desarrollar esta tesis.

A todos mis compañeros radiólogos del Hospital Clínico que me han formado como especialista, por su ejemplar magisterio.

A mis amigos .

Gracias a todos.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

ÍNDICE

REVISIÓN DOCTRINAL

1. Historia y radiología convencional	1
1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.2. Inicios de la radiología odontológica	1
1.3. Técnicas Radiológicas intrabucales	3
1.4. Errores y artefactos	7
2. Tomografía computarizada	9
3. Tomografía computarizada volumétrica de haz cónico	13
3.1. Ventajas de la tomografía computarizada volumétrica de haz cónico respecto a la radiología convencional.....	19
3.2. Análisis de las dosis de radiación de los sistemas de haz cónico	24

APORTACIÓN PERSONAL

4. Justificación del estudio	35
5. Hipótesis	36
6. Objetivos	36
6.1. Objetivo general	36
6.2. Objetivos específicos.....	36
7. Material y Método	37
8. Resultados	43
8.1. Objetivo 1. Examinar y describir cuáles son las patologías más frecuentes y relevantes donde CBCT es más eficaz que la radiología convencional	45

8.2. Objetivo 2. Examinar y describir los hallazgos clínicos más frecuentes y/o relevantes desconocidos para el paciente.....	73
8.3. Objetivo 3. Proponer un protocolo para la optimización diagnóstica de ésta clínica odontológica.....	93
• Aspectos deontológicos.....	93
• Aspectos técnicos	95
9. Discusión	107
9.1. Discusión del primer objetivo	109
9.2. Discusión del segundo objetivo.....	124
9.3. Discusión del tercer objetivo	126
10. Conclusiones	139
11. Referencias bibliográficas	145
Anexos	161

REVISION DOCTRINAL



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

1. HISTORIA Y RADIOLOGIA CONVENCIONAL

1.1. Antecedentes históricos

El descubrimiento de los rayos X se produjo la noche del viernes 8 de noviembre de 1895 cuando Wilhelm Röntgen, investigando las propiedades de los rayos catódicos, se dio cuenta de la existencia de una nueva fuente de energía hasta entonces desconocida y por ello denominada radiación X. Por este descubrimiento obtuvo el reconocimiento de la Academia Sueca en el año 1901, siendo el Primer Premio Nobel de Física. Röntgen comprendió inmediatamente la importancia de su descubrimiento para la medicina, que hacía posible la exploración de los cuerpos de una manera hasta ese momento totalmente insospechada. Proyectando los efectos de los rayos X a una placa fotográfica, obtuvo la primera radiografía de la humanidad. Las primeras aplicaciones de los rayos X se centraron en el diagnóstico, aunque a partir de 1897 se abrirá el camino de la aplicación terapéutica, de la mano de Freund, con su intento de tratar el nevus pilosus.

1.2 Inicios de la radiología odontológica

Semanas después del anuncio del descubrimiento de los rayos X, el Dr. Otto Walkhoff había efectuado ya la primera radiografía de sus propios maxilares. Para realizarla utilizó una placa de vidrio normal recubierta con una emulsión fotográfica envuelta en papel negro y chapa de goma que colocó en la parte externa de la mandíbula con un tiempo de exposición de 25 minutos, obteniendo un resultado bastante defectuoso dada la escasa sensibilidad del receptor.

En América, el Dr. W. G. Worton fue el primero en obtener una radiografía dental, en 1896, utilizando cráneos humanos desecados.

La primera unidad de rayos diseñada para odontología se atribuye al Dr. Williams Rollins, aunque el Dr. Edmund Kells tiene el mérito de haber sido el primero en realizar una radiografía intrabucal en un paciente vivo. Por ello, se le considera el responsable de la mayor aportación a la radiología dental, gracias a sus esfuerzos por efectuar innovaciones en este campo.

En 1904, el Dr. Weston A. Price describió dos técnicas de colocación de la película dentro de la cavidad bucal. Una de ellas era la misma que Kells había descrito, en 1896, según la cual la película se debía colocar paralela al eje mayor de los dientes y el haz de rayos debía incidir en ángulo recto sobre la película y los dientes. La otra estaba basada en la regla de la isonometría, se la conoció con el nombre de técnica de la bisectriz o técnica de Cieszynski, ya que éste último, la aplicó también en 1907, sin conocer los trabajos de Price.

Raper sistematizó esta técnica aplicando unos ángulos promedio en función de la zona maxilar que se quisiera radiografiar. En 1903, en el laboratorio de E. Kells, se tomaron algunas de las primeras radiografías estereoscópicas. Clark, en 1909, describe la técnica del objeto bucal, que posteriormente será conocida con su nombre y que se utiliza para localizar la posición espacial de cualquier objeto.

Un año después, F. Mc Cormack creó el primer laboratorio de fotografía dental de San Francisco. Utilizaba un aparato de radiografía médica y efectuaba la técnica del paralelismo con una distancia foco-película de 5 a 6 pies, con el paciente en posición de supino y la cabeza inmovilizada por unos sacos de arena, dando lugar a la técnica de larga distancia de Mc Cormack. Como la técnica apenas atrajo la atención de los dentistas, que utilizaban de forma prácticamente exclusiva la regla de la isonometría, en 1937, Mc Cormack publicó las ventajas de su técnica con respecto a la otra resaltando principalmente la menor deformidad geométrica que producía.

Cuando el Dr. Gordon Fitzgerald diseñó un cono largo, pudo efectuar la técnica de Mc Cormack con mayor facilidad, ésta fue ganando adeptos, pasando a conocerse con el nombre de técnica de cono largo. En la actualidad es la de utilización general y su uso es indispensable en los estudios de valoración periodontal.

El primer libro exclusivo sobre radiología dental es obra de Howard R. Raper, de la Universidad de Indiana, publicado en 1912. Este mismo autor, en 1925, describe el procedimiento conocido hoy como técnica de la aleta mordida, de fundamental interés para el diagnóstico de las caries interproximales.

Durante más de tres cuartos de siglo, el dispositivo primario de obtención de imágenes descrito por Roentgen fue el único medio del que disponía el radiólogo.

Estaba constituido por un tubo emisor de rayos X cuyo haz cónico atravesaba el cuerpo radiografiado y quedaba modulado por la absorción variable de los diferentes elementos encontrados.

A partir de este dispositivo primario fueron añadiéndose a lo largo de los años modificaciones en los elementos materiales de la cadena de obtención de imágenes (aparatos, películas, pantallas, química), y se introdujo el contraste negativo (aire) o positivo (sustancias opacas no tóxicas), los cuales permitieron la observación de elementos radiolúcidos.

1.3 Técnicas Radiológicas intrabucales

Su nombre, radiografía intrabucal, se debe, naturalmente, a que las películas se colocan dentro de la cavidad bucal. Según el tamaño y la colocación de las películas, se pueden clasificar en procedimientos periapicales o retroalveolares, interproximales o de aleta mordida y oclusales. Imagen1.

Las técnicas periapicales o retroalveolares, sirven para explorar el diente en su totalidad, desde la corona hasta el ápice, el espacio periodontal y el tejido óseo que lo rodea. Se puede realizar mediante dos procedimientos: la técnica de bisección y la de paralelismo.

Las técnicas interproximales o de aleta mordida son muy útiles para el estudio sistemático y la exploración de la caries dental. Se aprecian caries interproximales y oclusales, pero también alteraciones pulpares, restauraciones desbordantes, recidivas de caries, ajustes de prótesis fijas, etc. En una misma película se observan las regiones coronal y cervical de los dientes superiores e inferiores a la vez.

El examen es cómodo y rápido, ya que las películas no se clavan en el suelo bucal; por este motivo es una exploración habitual .

Las técnicas oclusales se denominan así porque la colocación y sujeción de la película se realizan en el plano oclusal, entre el maxilar y la mandíbula, dirigiéndose el haz de rayos desde arriba o desde abajo, perpendicular u oblicuamente. Se utilizan como complemento de los procedimientos periapicales.

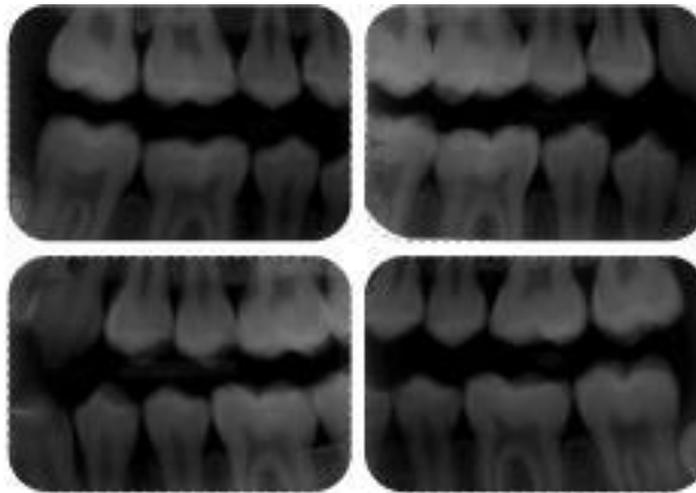


Imagen1.Radiografía en aleta mordida.

Los estudios de radiología convencional más utilizados en odontología son la ortopantomografía, la telerradiografía lateral o anteroposterior y la exploración de la articulación temporo-mandibular (ATM) ésta exige 4 exposiciones (boca abierta y boca cerrada), valoran el espacio articular y la intraoral.

La ortopantomografía muestra la totalidad de las estructuras orales y representa una herramienta diagnóstica de primer orden al observar magnificado el eje vertical y el transversal. La limitación fundamental de ésta es la superposición de imágenes. La principales ventaja es la baja radiación (0'01 mSvi). Imagen 2.

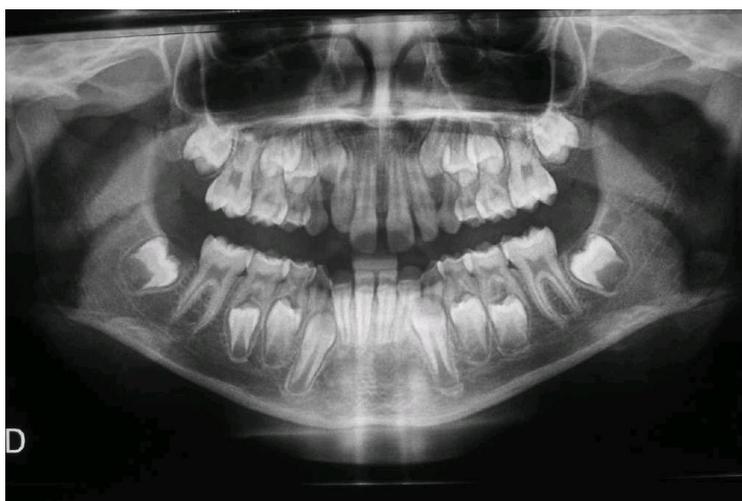


Imagen 2. Ortopantomografía.

La tele-radiografía lateral es una imagen magnificada que está compuesta de una superposición de estructuras en las que podemos analizar el eje vertical y sagital, sin poder observar el eje transversal. En la tele-radiografía póstero-anterior o frontal encontramos una imagen magnificada similar, donde solo se puede observar una superposición de imágenes en el eje vertical y el eje transversal, perdiendo la información del eje sagital. La telerradiografía, aporta información adicional a la ortopantomografía y su tasa de dosis es de 0'01 – 0'03 mSv. Imagen 3 y 4.

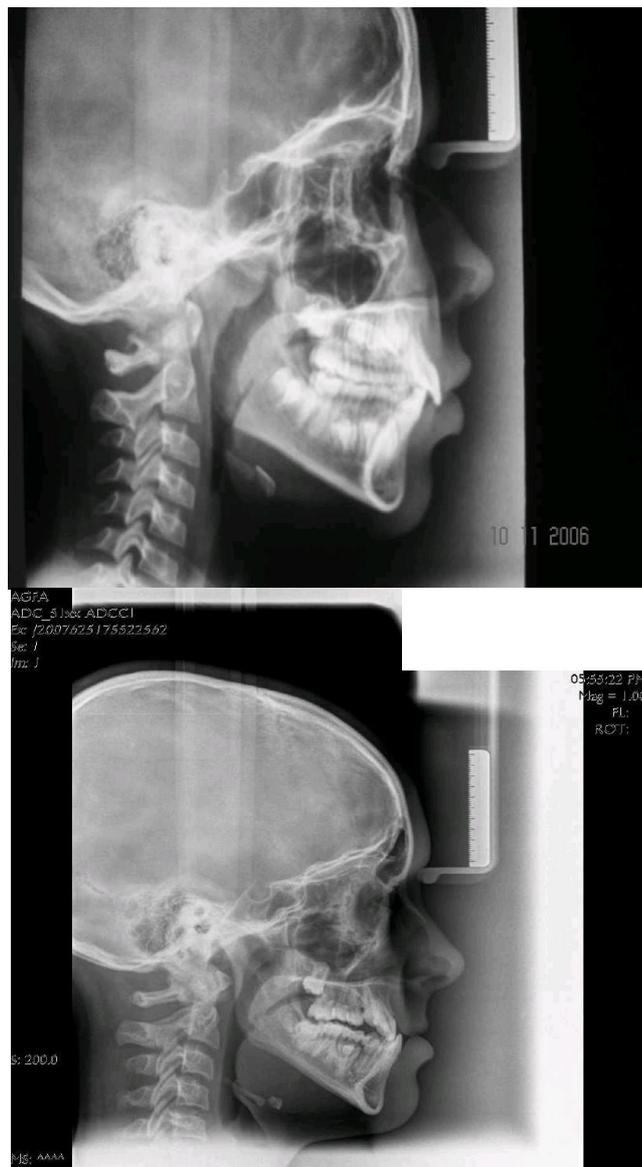


Imagen 3 y 4. Cefalometría lateral.

La Radiografía Digital es aquella técnica radiológica que utiliza sensores digitales en lugar de una película fotográfica tradicional. La ejecución de la radiografía digital es similar a la convencional aunque la generación de la imagen, es diferente, ya que se emplea una placa de almacenamiento de imagen de fósforo en lugar de la película convencional. La placa de almacenamiento de imagen almacena 4096 valores de gris, lo que puede ser distribuido visualmente en varios valores de gris. De esta forma, se puede inspeccionar un gran rango de espesor en una sola imagen. Con la radiografía digital, estas imágenes pueden ser producidas usando una dosis de radiación considerablemente menor a la radiografía tradicional.

El cambio de la radiología analógica a la digital, ha mejorado el tiempo de adquisición de las imágenes, la dosis de radiación y el manejo de los datos, pero las limitaciones siguen siendo las mismas. En este sentido los investigadores han sido conscientes de las limitaciones de estos registros convencionales, en primer lugar por estar magnificadas y distorsionadas las imágenes, lo segundo por ser bidimensionales (aún cuando el paciente es tridimensional y su maloclusión esquelética y/o dentaria también) y tercero son imágenes estáticas cuando en realidad el sujeto se mueve. Imagen 5.



Imagen 5. Ortopantomografía (analógica).

A pesar de todo, este tipo de estudios no ha perdido su valor aunque tiene importantes limitaciones, por lo que habrá casos en los que tengamos que sustituirla por otra prueba o bien añadir otra complementaria.

En resumen, las limitaciones que presenta la radiología convencional son su baja resolución espacial al ser una imagen en un solo plano con superposición de otras imágenes y la dificultad de su interpretación y valoración para determinar patologías que requieran tridimensionalidad. Finalmente, comentar que con la radiología convencional no se pueden hacer medidas reales sobre la imagen, pudiendo distorsionar el canal mandibular o las raíces dentarias. Las partes blandas son evaluadas de forma insuficiente y son además pocas efectivas para valorar la estructura interna del hueso, tanto lo referente a la anchura como a su densidad ósea. (Sánchez Garcés MA, 2011).

1.4 Errores y artefactos

Entre los errores más frecuentes en radiografía intrabucal, se encuentran los debidos a una mala colocación de la película en la boca, bien sea porque ésta no cubre la totalidad del objeto a estudiar, quedando el área periapical fuera del campo.

La colocación de la película incurvada, adaptándola a la concavidad de la arcada dentaria, proporciona imágenes muy deformadas. Pueden producirse imágenes defectuosas por falta de centrado del haz de rayos sobre el objeto o por una incorrecta angulación vertical u horizontal.

Si hay movilidad de la placa, paciente o tubo de rayos X, se obtendrá una imagen borrosa. Las imágenes muy densas pueden deberse a una sobre-exposición, mayor tiempo de revelado o alta temperatura del revelador. Por el contrario, las imágenes poco densas se deben a la escasa exposición, menor tiempo de revelado, baja temperatura del revelador o defectuosa preparación de éste.

Entre los artefactos de las radiografías intrabucales se observan: huellas de los dedos al manipular la película, marcas de uñas al presionar la placa contra los dientes o por doblarla o abrirla, manchas químicas por uso de recipientes sucios, y marcas de electricidad estática en forma de múltiples estrías negras producidas al abrir la película bruscamente. (Donado Rodríguez, 2003). (Goaz, P.W.1995).

Durante cerca de un siglo, las imágenes radiográficas simples bidimensionales han sido la base para evaluar las interrelaciones de la dentición, huesos maxilofaciales y tejidos blandos a lo largo de todo el proceso de diagnóstico, tratamiento, análisis del desarrollo y crecimiento. (Kau et al., 2005).

Por ello, se han tratado de obtener diferentes imágenes desde diversas proyecciones en un intento por desplegar visualmente las complejas relaciones anatómicas cráneo-faciales, sin embargo la interpretación de múltiples imágenes simultáneas es compleja (Evans et al., 2012).

2. TOMOGRAFIA COMUPTARUIZADA (TC)

Como solución a la problemática comentada sobre la representación bidimensional, pronto comenzó a vislumbrarse un nuevo concepto a la luz de los avances tecnológicos, que ha llevado a la evolución de la era bidimensional a la tridimensional. (Kau et al., 2005), (Swennen et al., 2006a), (Evans et al., 2012).

La primera técnica de captura 3D fue la tomografía axial computarizada (TAC), introducida por Sir Godfrey Hounsfield en 1967 se basaba en una traslación-rotación en paralelo de haces de rayos X dirigidos a un detector situado enfrente de la fuente donde se mide la intensidad de los fotones incidentes (Hounsfield, 1980).

En 1973 la clínica Mayo comenzó a usar la primera máquina en los Estados Unidos que daban imágenes digitales con una claridad más de 100 veces mayor que las radiografías corrientes. Posteriormente, la velocidad y exactitud de las máquinas ha aumentado mucho más. Todo esto ha hecho que aparezcan nuevas técnicas complementarias a la radiología convencional siendo por tanto el TC una herramienta muy útil en Odontología, pero con un serio inconveniente: el aumento de la radiación al paciente.

La tecnología TC evolucionó hacia la consecución de imágenes de una manera más rápidas a través de varias generaciones de aparatos, donde se podía además del plano axial original, trabajar con los otros dos planos restantes, el sagital o ántero-posterior y el frontal o transversal. La primera generación de escáneres utilizaban haces paralelos de rayos X y requerían tanto de la traslación como de la rotación de la fuente y constaba de un solo detector.

La segunda generación de escáneres introdujo un haz de rayos X en forma de abanico y utilizó un solo detector de matriz lineal.

En la tercera generación de escáneres, se introdujo un solo detector en forma de arco en conjunción con un haz de rayos X en forma de abanico.

La cuarta generación de escáneres utiliza un haz de rayos X en forma de abanico y un conjunto de detectores de forma circular.

En la práctica actual, se utiliza con mayor frecuencia la TC helicoidal multidetector (TCMD) gracias a la reducción del tiempo de adquisición. La TCMD se basa en la tercera generación de TC, aunque la matriz de detectores tiene múltiples filas (Miracle et al., 2009a, b).

Por tanto, las generaciones de TC han ido mejorando la captura de imágenes mediante el cambio de la trayectoria del conjunto emisor-receptor, el aumento del número de receptores y el desplazamiento combinado del paciente en la tecnología helicoidal.

La fundamentación básica de todos ellos es que la radiación emergente del cuerpo del paciente es recogida por unos detectores electrónicos que están situados en el gantry con el tubo de rayos X. Esta información es procesada por un ordenador para formar imágenes bidimensionales detalladas del interior del cuerpo. Como la fuente de rayos X rota a la vez que avanza la mesa donde se encuentra el paciente a una velocidad constante, el haz de rayos X describe una espiral, por esto se conoce como TC Helicoidal

Los más novedosos TC espirales disponen de un mayor número de detectores y por eso se llaman TC multidetector o TC multicorte. Producen imágenes de mayor calidad en menos tiempo, siendo posible combinar múltiples imágenes de TC para producir imágenes tridimensionales que proporcionan información adicional.

Los TC muestran hueso y tejidos blandos. Los tonos de las imágenes se pueden ajustar para hacer resaltar los tejidos de densidad semejante y, mediante un software de imágenes, es posible formar imágenes tridimensionales a partir de varios cortes transversales.

Las ventajas que proporcionaba TC frente a la radiología convencional son fundamentalmente:

1. Aumenta la información aportada mejorando la valoración las diferentes densidades de las estructuras faciales.
2. Identifica lesiones poco sensibles para la radiología clásica.

3. Aporta imágenes fidedignas en los tres planos del espacio, con posibilidad de obtener imágenes en tres dimensiones
4. Aporta imágenes de gran resolución con un grosor de corte submilimétrico.
5. Las imágenes obtenidas son isotrópicas: No magnifica, ni deforma, lo que permite realizar mediciones precisas.
6. Permite examinar también otras áreas exploradas.
7. Todo esto disminuye las complicaciones quirúrgicas y los tiempos de quirófano

La gran desventaja por excelencia de TC helicoidal son la altas dosis de radiación. La Tomografía computarizada es una técnica con altísima resolución morfológica y anatómica pero debe ser utilizada con unos protocolos estandarizados ya que posee en cada estudio gran dosis de radiación ionizante (depende de la exploración a estudiar).



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

3. LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (CBCT) DENTAL DE HAZ CÓNICO.

El acrónimo CBCT, tiene su origen en el inglés Cone Beam Computed Tomography, haciendo mención a la forma de cono que tiene el haz de rayos X, y que marca la diferencia con el TC convencional que tiene forma, en las últimas generaciones, en abanico. Esta técnica es también conocida por otros nombres como ConeBeam, DVT (digital volumetric technology), Dental CT, Conebeam 3D, THC (tomografía de haz cónico), entre otros.

El CBCT se desarrolló en la década de los 90 para radioterapia (Choet al., 1995) y aplicaciones para imagen vascular (Saint-Félix et al., 1994); (Rougée et al., 1994).

El CBCT emplea un haz de Rayos X colimado, estrecho y en forma de cono. El paciente se posiciona dentro del “gantry” del escáner mientras el tubo de Rayos X y los detectores giran alrededor de él. La principal diferencia entre la CBCT y TC espiral es que el CBCT utiliza un haz de Rayos X de forma cónica y adquiere el volumen total de imágenes con sólo una rotación y sin mover al paciente sobre la mesa. Imagen 6.

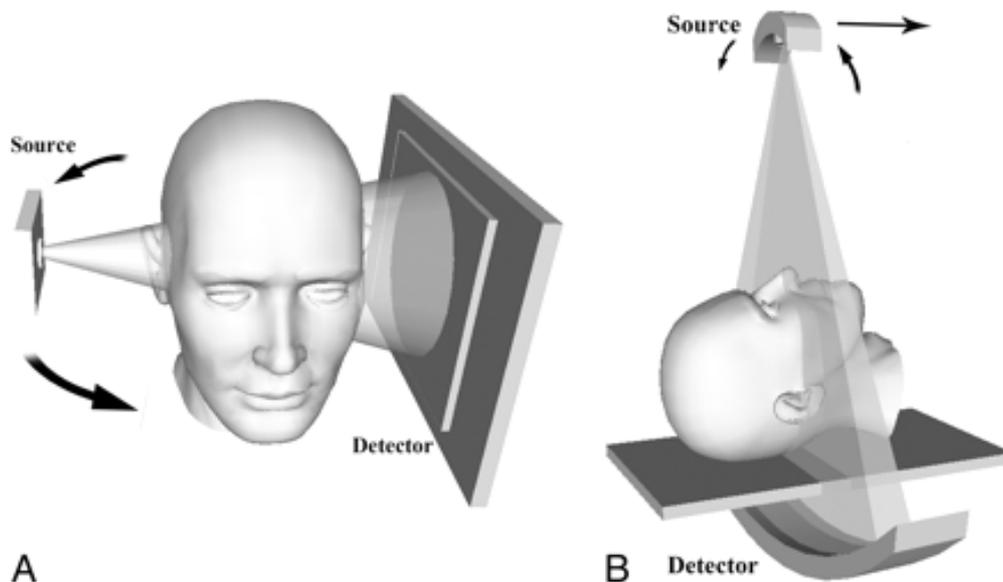


Imagen 6. Tomografía volumétrica cone beam.

Los escáneres CBCT dedicados para la zona oral y maxilofacial (OMF) se crearon a finales de 1990 de forma independiente por Arai y colaboradores quienes desarrollaron un CBCT para uso dental en Japón llamado Ortho-CT, mientras Mozzo hacía lo propio en Italia. (Mozzo et al., 1998).

La técnica CBCT se utiliza ampliamente en diferentes aplicaciones industriales y biomédicas tales como micro-CT. Entre las primeras aplicaciones clínicas se encontraron la tomografía por emisión de fotón único (SPECT), la angiografía y la radioterapia guiada por imagen (Saint-Félix et al., 1994); (Fahrig et al., 1997). Esta tecnología fue adaptada por primera vez para su uso clínico en 1982 y el primer CBCT comercializado para visualizaciones maxilofaciales aparece en 2001, correspondiente al modelo NewTom QR DVT 9000; Quantitative Radiology, Verona, Italy (Rao et al., 2012).

Actualmente existen más de 30 modelos que han sido adaptados para su uso en el ámbito odontológico (Pittayapatet al., 2013) y (Patcas et al., 2012).

La llegada al mercado de escáneres más rápidos y precisos en los últimos 10 años ha sido gracias a los avances en la tecnología del detector de panel plano, (FPD: flat panel detector), una mayor potencia en el procesamiento de datos de los ordenadores y unos requerimientos de energía más bajos de los tubos de rayos X utilizados en CBCT. Estos avances han permitido que los escáneres CBCT sean económicamente cada vez más accesibles y suficientemente compactos como para ser empleados en el estudio de la cabeza y el cuello, y consecuentemente en la zona oral (Zöller et al., 2008; Miracle et al., 2009a, b).

Se pueden obtener imágenes en cualquier plano del espacio, con un grosor milimétrico. Los datos volumétricos puede verse en perspectivas transaxiales o multiplanares en 2D estandarizadas o utilizando las técnicas de visualización en 3D, como reconstrucciones de superficie o por volumen, o cualquier combinación de técnicas para visualizar en 2D o 3D.

Los escáneres Cone Beam (CBCT) pueden clasificarse tomando como referencia el volumen de la imagen o el campo de visión(FOV), de tal manera que tenemos varias posibilidades y alternativas:

Sistemas de gran FOV: Son aquellos que se encuadran entre 6-12 pulgadas o bien 15-30,5cm. A mayor FOV lo que conseguimos es una imagen más extensa del área que queremos representar, pero con una menor resolución y una mayor exposición de radiación para el paciente. Aquellas situaciones en las que no sea necesario una gran resolución pero si necesitamos representar una parte amplia de la cara, como en el campo de la ortodoncia por ejemplo, son las más recomendables para este tipo de CBTC.

Sistemas de FOV limitado: Aquí las medidas se mueven en campos más reducidos clasificándose estos escáneres entre 1,6-3,1 pulgadas (4-8cm) . Con estos sistemas encontramos todo lo contrario a la opción anterior ya que trabajamos en una zona de estudio más limitada pero con una mayor resolución y con una radiación bastante menor. Esta alternativa es la más recomendable cuando pretendemos obtener una imagen de alta resolución de una parte muy concreta y pequeña, ej. una alteración dental.

En definitiva esta tecnología de imagen consigue una mayor definición con una importante disminución de la radiación. Los nuevos sistemas de CBCT para odontología han sido rediseñados de forma que ocupan un espacio cada vez más reducido. Como resultado, el sistema se adapta mejor a las consultas de odontología. (Thiago de Santana Santos, 2010).

Son estrategias cada vez más fáciles de usar y es más sencillo posicionar a los pacientes y también cada vez más asequibles. Esta combinación de factores hace que las imágenes 3D para odontología estén ocupando un puesto importante para los profesionales del sector.

Con la llegada del CBCT a la odontología a finales de la década de los 90 (Mozzo et al., 1998) se abrió un nuevo camino para la obtención de imágenes en 3D por su facilidad de manejo, menor coste y menor radiación al paciente con respecto al TC, por lo que empiezan a aparecer nuevos programas informáticos para el manejo cada vez más frecuente de estas imágenes fundamentales en el diagnóstico y tratamiento de la patología odontológica (De Vos et al., 2009).

El CBCT permite reconstruir la forma tridimensional (3D) de una estructura a partir de la captura de sus proyecciones bidimensionales (2D). Esta diferencia permite capturar una región entera de interés con una sola rotación del conjunto emisor-

receptor y una trayectoria que cubre entre 180° y 360°, produciendo una serie de múltiples imágenes bidimensionales, en comparación con los dispositivos convencionales donde se apilan múltiples cortes para obtener una imagen completa. El conjunto de emisor receptor se conoce con el nombre en inglés de gantry. Siendo su traducción al castellano el de arcada o pórtico, aunque persiste el uso del anglicismo.

Las imágenes tomográficas volumétricas se reconstruyen produciendo imágenes multidimensionales a través de la reconstrucción de los datos de la proyección 2D. El algoritmo de reconstrucción más frecuentemente conocido y utilizado para generar imágenes de volumen en CBCT está basado en el algoritmo publicado por Feldkamp y colaboradores (Feldkamp et al., 1984); (Gupta et al., 2004).

Al término del examen, la secuencia de imágenes base (raw data) es reconstruida para generar la imagen volumétrica en 3D, por medio de un software específico con un sofisticado programa de algoritmos, instalado en un ordenador convencional acoplado al sistema. El tiempo de examen puede variar entre 10 y 70 segundos, pero el tiempo efectivo de exposición a los rayos x es menor, variando de 3 a 6 segundos. (Thiago de Santana, 2010).

Existen diversos programas informáticos que permiten la reconstrucción multiplanos del volumen escaneado y consiguen visualizar las imágenes axiales, coronales, sagitales y oblicuas, así como la reconstrucción en 3D. Adicionalmente, el programa permite generar imágenes bidimensionales, réplicas de las radiografías convencionales utilizadas en la odontología, como la panorámica y las telerradiografías en lateral y frontal.

Los cortes axiales son seleccionados por el operador en una visión lateral de la cabeza, semejante al scout (topograma del TC), y son consideradas reconstrucciones primarias o directas. Cada corte contiguo puede presentar una espesura mínima inferior a 1 milímetro. A partir del corte axial, se obtiene las reconstrucciones secundarias, incluyendo las reconstrucciones coronales, sagitales, los cortes perpendiculares al contorno de los arcos dentarios (ortoradiales o trans-axiales), las reconstrucciones en 3D y las imágenes convencionales bidimensionales. Sobre todas esas imágenes, el software aun permite la realización

de mediciones digitales lineares y angulares, así como el color de las estructuras de interés, como por ejemplo, el canal mandibular. (Thiago de Santana Santos, 2010).

El algoritmo Feldkamp es esencialmente una adaptación del método en 3D de retroproyección filtrada utilizado en reconstrucciones 2D del haz en abanico (Yan et al., 1991). El proceso de filtrado, implica la aplicación de un filtro matemático al total de datos de proyección recogidos, antes de que sean retro proyectados. El filtrado reduce la falta de nitidez inherente al proceso de retro proyección.

Los primeros algoritmos Feldkamp resolvieron el problema de la inversión realizando una rotación circular sobre el objeto. Los algoritmos más recientes han sido adaptados para trayectorias con segmentos de arco menores de 360° (Kudo et al., 2002).

Los detectores de panel plano o FPDs (Flat Panel Detectors) digitales permiten la conversión directa de la energía de los rayos X en una señal eléctrica con alta resolución espacial. El diseño fundamental consiste en un pantalla de cristales centelleadores sobre una matriz de fotodiodos incorporada en un oblea de silicio amorfo (a-Si:H) o sobre una capa de selenio. Los rayos X captados son convertidos en luz por la pantalla centelleadora y transmitidos directamente a la matriz de fotodiodos donde se almacena la carga eléctrica que forma la intensidad de la señal. Los transistores de película delgada fabricados en la matriz transmiten un señal proporcional a la intensidad de la carga almacenada en la matriz de fotodiodos, que es a su vez, proporcional a los fotones incidentes sobre la capa de centelleadora.

El FPD utilizado en el escáner para tomografía craneal Mini iCat (Xoran Technologies) es un sistema indirecto de conversión basado en un centelleador de yoduro de cesio (CsI) incorporado en una matriz (aSi: H). Este escáner de tomografía computarizada capta imágenes a una dosis de aproximadamente 10 veces menores que los escáneres TC tradicionales. Los centelleadores CsI producen una resolución espacial superior, debido a la estructura microscópica columnar del sustrato CsI, que sirve esencialmente como un conductor de fibra óptica para los fotones liberados que se transmiten a la matriz de fotodiodos (Gupta et al., 2006).

Las matrices FPD permiten un mayor potencial de resolución espacial con una intensidad de ruido similar cuando se compara con un dispositivo de carga acoplada (CCD) (Baba et al., 2002). Las imágenes son reconstruidas por el ordenador en un volumen compuesto por, formas tridimensionales, normalmente cubos, llamados voxels.

El vóxel es el mínimo elemento de una imagen en 3D, como lo es el pixel de una imagen 2D. El vóxel tiene unas características de tamaño (oscila entre 0,3 mm y 0,076 mm), forma y calidad. La forma del vóxel obtenido por el CBCT es isotrópica, es decir es igual en las tres dimensiones del espacio, lo cual permite reorientar una imagen sin distorsionarla.

Los cada vez más complejos tratamientos odontológicos y la necesidad de conocer más información previa al tratamiento, ha obligado a incorporar técnicas radiológicas cada vez más sofisticadas y precisas para una mejor práctica médica pero todas estas nuevas estrategias deben ser evaluadas con rigor científico para decidir su aplicación pertinente.

Desde su introducción en odontología, esta tecnología tridimensional ha adquirido una importancia considerable, aumentando la cantidad de información visual al alcance del profesional (Grünheid et al., 2012). Sin embargo, con esta técnica, en cierta medida ha ocurrido algo similar a lo que en su tiempo aconteció con la ortopantografía o la telerradiología que para muchos se trataban de una herramienta de uso muy restringido debido a su compleja infraestructura y su alto coste. (Larson, 2012).

3.1 Ventajas de la tomografía computarizada volumétrica de haz cónico (CBTC) respecto a radiología convencional.

La TC convencional es una técnica de imagen común, que permite la captura de información a través de un movimiento en espiral de la fuente de radiación y los detectores alrededor de la región de interés. En el área maxilofacial, se han desarrollado programas informáticos específicos capaces de reformatear los datos de los cortes axiales en imágenes panorámicas e imágenes de cortes transversal es multiplanos. Las ventajas que aporta la tecnología de la TC médica convencional son la posibilidad de realizar reconstrucciones volumétricas directas y una transformación rápida y sencilla de los datos para su uso en análisis 3D, incluyendo la generación de imagen funcional e imagen en tiempo real para guiar las intervenciones quirúrgicas.

Por el contrario, entre sus desventajas se encuentran la alta dosis de radiación emitida al paciente, que debe ser siempre puesta en una balanza con la utilidad de la información que se espere obtener de la prueba.

La TC convencional utiliza un haz de rayos X plano y filas de detectores y se obtienen secciones axiales contiguas que son reconstruidas mediante numerosos datos de proyección recogidos por rotación a alta velocidad y dispuestas tridimensionalmente..

El CBCT de haz cónico puede recoger datos de volumen por medio de una rotación única que se lleva a cabo durante 9 a 40 segundos, por medio de un haz de rayos X con forma cónico y dos detectores dimensionales. Estos sistemas permiten obtener imágenes tridimensionales con una alta resolución espacial tanto longitudinal como axialmente.

Estudios bien fundados han demostrado que el CBCT ofrece grandes ventajas en comparación con la TC médica convencional en el área maxilofacial, en términos de definición, tiempo de duración de la prueba, reducción de dosis y campo de visión convertible (Yajima, 2006).

La radiología convencional digital se compone de píxeles mientras que la CBCT aporta imágenes tridimensionales compuestas por voxel es, que son geométricamente precisas , que aportan una correlación anatómica de alta calidad

y con capacidad de realizar medidas precisas, a diferencias de las técnicas convencionales 2D.

Moshiri estudió las diferencias entre las medidas de los estudios realizados en 2D con radiología convencional digital comparativamente con los realizados en CBCT en 3D, siendo éstas mucho más precisas y reales. (Moshiri M.2007). Kumar, comparó las medidas lineales y angulares de las proyecciones ortogonales y en perspectiva lateral obtenida a partir de CBCT con las realizadas en la radiología convencional, concluyendo que eran similares y por tanto no hay que realizar ninguna prueba adicional de radiología convencional en pacientes que ya tenían realizada el CBCT . (Kumar 2007). Para la realización del CBCT , como se ha comentado anteriormente se emplean tiempos cortos de realización (10-70 segundos aprox.). Estas dos ventajas, la tridimensionalidad y los tiempos cortos de exploración, también las aporta el TC multicorte, por ello la gran diferencia que aporta el CBCT es la baja radiación, hasta quince veces menos que la TC convencional. (Farman AG, 2006). (Mischkowski RA, 2007)

El CBCT proporciona resoluciones vóxel que son isotrópicas (iguales en las 3 dimensiones). Esto produce resolución submilimétrica que van desde 0,4 mm hasta un mínimo de 0.125 mm.

Otra ventaja importante es la posibilidad de limitar el haz Rayos X: Podemos centrar el estudio según el área que queramos estudiar, disminuyendo el tamaño del haz con la colimación del mismo para minimizar la dosis de radiación. Además la mayoría CBCT tienen la posibilidad de optimizar protocolos, de modo que podemos ajustar el haz para escanear pequeñas regiones concretas, de interés diagnóstico o bien ampliarlo si necesitamos la totalidad (por ejemplo complejo craneofacial) Imagen 8. Los volúmenes de la región maxilofacial pueden obtenerse con el paciente en cualquiera de tres posiciones: acostado, de pie o sentado. Los equipos que requieren de un paciente acostado generalmente son de grandes dimensiones, y de difícil acceso para pacientes con dificultades motoras o discapacitados. Las unidades donde los pacientes se sientan son las más cómodas, sin embargo, son mas dificultosas para pacientes que acuden en sillas de ruedas. 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. Imagen 7.



Imagen 7. Tipos de CBCT según la posición del paciente.

En términos generales, a menor área de adquisición de volumen, mayor resolución espacial de la imagen. En base a la relación altura-diámetro del volumen posible de adquirir, los equipos se pueden clasificar en localizados, arco individual, inter arcada, maxilofacial (10 a 15 cm)* , cráneo-facial.

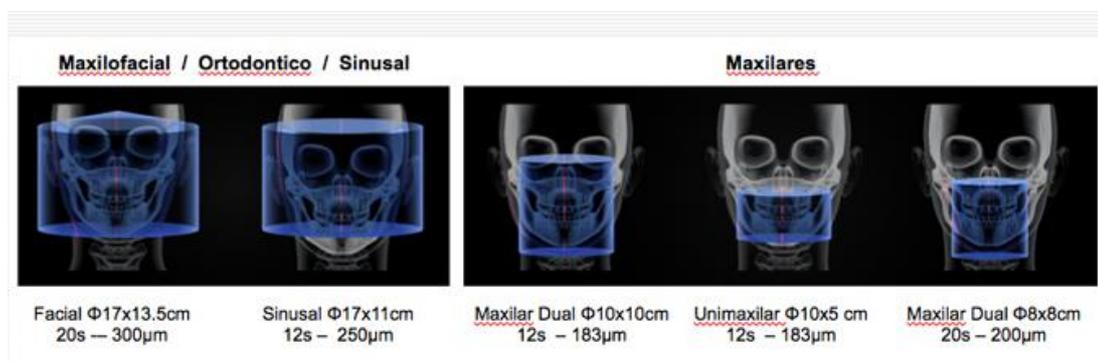


Imagen 8. Tipos de CBCT según FOV.



Imagen 9. Cone Beam. GALILEOS. SIRONA.

En resumen , como se ha comentado anteriormente, el tiempo de la prueba es muy rápido, las imágenes se adquieren en una sola rotación y el tiempo de exploración es rápido (10-60 segundos) ,es comparable con la CT convencional. La reconstrucción de las imágenes en 3D también es inmediata. La reconstrucción se realiza de forma automática y puede ser visualizado en una ordenador personal con el software instalado. No se requieren estaciones de trabajo que son muy caras. Además esta opción permite ponerlo a disposición del usuario en CD , por si necesita la evaluación del mismo por otro especialista. El sistema lleva asociado un software para el clínico, que permite obtener diferentes proyecciones, realizar mediciones precisas, modificar filtro, contraste, valorar densidad (calidad ósea), hacer simulaciones de implantes con tornillos comercializados para comprobar que el tratamiento es posible antes de la cirugía. Permite al clínico interactuar, antes del tratamiento con herramientas hasta ahora reservadas al radiólogo, que permiten la localización de estructuras críticas como el nervio dentario inferior, seno maxilar, fosa nasal, proximidad a las raíces dentales.

Una diferencia importante entre el CBCT y tomografía computarizada multi- corte (TCMC) es esta naturaleza isotrópica de adquisición y reconstrucción de los sistemas de cone beam, esto quiere decir que no depende de la elección de los ejes y no importa para que lado se esté midiendo cierta propiedad o magnitud física siempre va a medir lo mismo. En el CT convencional (antiguos) el vóxel es anisotrópico, aunque ya en los de últimas generaciones se pueden obtener vóxeles isotrópicos.

Las imágenes se pueden construir en cualquier plano con alta fidelidad espacial. La reconstrucción TCMC produce distintas secciones axiales, que luego son apiladas. En comparación con la TCMC, en la que se espera una resolución de 500 x 500 μm^2 en el plano y de 500 a 1000 μm en el eje Z, el CBCT reduce el efecto del volumen parcial promedio y puede mejorar la resolución espacial de estructuras de alto contraste en cualquier plano de visión elegido (Gupta et al., 2004).

Entre los numerosos sistemas CBCT disponibles en el mercado para la imagen dentomaxilofacial podemos incluir los sistemas MercuRay CB y CB Trono, el sistema NewTom 3G , los productos 3D Accuitomo y el sistema iCAT (Kau et al., 2005; Miracle et al., 2009).

El CBCT que utiliza el sistema de iCAT permite reconstrucciones comparables a las proyecciones cefalométricas tradicionales en 2D. Esto permite que los datos existentes sobre las proyecciones de tratamiento se puedan utilizar como base de referencia para las evaluaciones tridimensionales cefalométricas (Farman et al., 2005)

Las mediciones lineales y angulares realizadas con CBCT, se consideran muy fiables dentro del rango de precisión que permite la resolución de cada captador. Esta resolución es superior a la conseguida con TC.

La visualización de la información captada, por un Conebeam se puede observar en el monitor del ordenador de varias formas distintas según los fabricantes. La presentación más frecuente combina en una pantalla los cortes ortogonales (axial, coronal y sagital) con una reconstrucción volumétrica (volumen rendering). También es posible realizar reconstrucciones pseudopanóramicas, secciones trans axiales y oblicuas, incluso es posible variar el grosor de corte y en el caso de las pseudopanóramicas la trayectoria de corte.

Otro dato importante que analizaremos en un capítulo especial es el coste beneficio, aunque ya adelantamos que actualmente el CBCT, tienen un menor coste que TC convencional , por lo que puede ser adquirido a un coste apropiado, resultando significativamente más eficiente.

3.2 Análisis de las dosis de radiación del los sistemas de haz cónico (CBCT).

La dosimetría del CBCT requiere un capítulo a parte debido a la importancia que tiene. Una de las ventajas más importantes frente al TC multicorte es la gran disminución de la radiación de la exposición de radiaciones ionizantes.

El desarrollo informático, ha conseguido que una nueva herramienta el TC de haz cónico, nos abra un nuevo campo en la radiología dental, aportando de forma rápida, cómoda y empleando una tasa de dosis muy baja, imágenes seccionales de gran calidad. La principal ventaja de la radiografía convencional (2D) es la baja radiación (0'01 mSv). Las desventajas más importantes son la superposición de imágenes, la falta de información sobre la anchura y densidad ósea, no se pueden hacer medidas reales sobre la imagen y puede distorsionar el canal mandibular o las raíces dentarias.

El TC añade a la radiología convencional la tridimensionalidad. La Tomografía de haz cónico "cone beam" (CBCT), representa un cambio radical en el mundo de la radiología oral y máxilofacial, aportando alta velocidad de escaneado, comodidad para el paciente y seguridad en la calidad de la exploración. Adquiere todo el volumen y genera datos en 3D. Conlleva un mínimo aumento de dosis de radiación con respecto a las técnicas convencionales de forma individual y una disminución muy significativa con respecto al TC. El uso del TC requiere de una formación específica. Se trata de una exploración económica, si valoramos el costo total de estos tratamientos y la relación costo-beneficio es muy elevada.

Antes de comenzar a desglosar el concepto de dosimetría en CT haz de cono, es importante aclarar conceptos diferentes asociados respecto a la dosis; dosis absorbida, efectiva y equivalente.

El término dosis efectiva se refiere a la dosis promedio en todo el cuerpo. La dosis efectiva toma en cuenta la sensibilidad relativa de los diversos tejidos expuestos. Aún más, permite cuantificar el riesgo y compararlo con fuentes más comunes de exposición que van desde la radiación de fondo natural hasta los procedimientos radiográficos con fines médicos. Debido a que los distintos tejidos y órganos tienen una sensibilidad distinta a la radiación, el riesgo relacionado con la radiación en las

diferentes partes del cuerpo, proveniente de un procedimiento de rayos X varía. Se entiende por dosis absorbida la energía de radiación absorbida que recibe el material atravesado por unidad de masa y se expresa en Grays (GY) esta dosis es independiente del tipo de radiación. Silva MA, 2008 Tabla 1.

El Sievert es la unidad de dosis efectiva, definida por el International Commission Radiological Protection 1977 (ICRP, 1977), que se utiliza para evaluar los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos. Esta unidad tiene en cuenta la energía depositada por la radiación, medida en Gray ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$, julio partido por kg)

La unidad científica de medición de la dosis de radiación, comúnmente llamada dosis efectiva, es el milisievert (mSv). Otras unidades de radiación son el rad, el rem, el roentgen y el gray.

La Comisión Internación de protección Radiológica (ICRP) es la que define los niveles aceptables de radiación. El daño biológico secundario a al radiación no solo depende de la radiación absorbida sino de la longitud de onda de la radiación, por lo que para poder valorar este daño se debe calcular la dosis equivalente a partir de la absorbida. En 1976 la IRCP unificó el concepto de dosis efectiva equivalente (HE).

La dosis equivalente es por tanto la resultante de ponderar la dosis media en un tejido u órgano, siendo ésta la que se emplea para comparar los efectos de los diferentes tipos de radiación en los tejidos u órganos se calcula en sievert y normalmente se expresa en milisievert (mSv).

Las comparaciones de la dosis efectivas pueden realizarse de acuerdo a la radiación natural de fondo.

Es difícil establecer una correcta comparación de la dosis de radiación de CBCT con el TC debido a las diferentes unidades de dosis de radiación en la que pueden expresarse y a los múltiples factores de cada exploración y aparato; la naturaleza de los rayos X (si es continuo o pulsátil), el grado de rotación de la fuente de rayos X y el detector, el tamaño de la FOV, la cantidad y el tipo de la filtración del haz y los parámetros de exposición como son el kilovoltage (kVp) y los miliamperios (mA) , y el tamaño del vóxel . Algunos de éstos factores son susceptibles de ser

modificados particularmente por el operador y otros están predefinidos. Todos estos factores pueden variar la dosis de radiación. (Amir Hosein Kiarudi, 2015).

Tabla 4.

Si limitamos el volumen de la imagen o campo de visión, en inglés, field of view (FOV), puede obtenerse una resolución de voxels isotrópica por debajo de las 100µm. Habrá que valorar según le caso clínico ; si no necesitan detalle exhaustivo de las estructuras pero sí requieren una representación detallada de una parte significativa de la cara, como en ortodoncia o en la reconstrucción para implantes, podrían beneficiarse de un escáner CBCT de moderado a gran FOV. Normalmente, como ha quedado explicado antes, a mayor FOV, más extensa la imagen a estudiar, mayor exposición de radiación al paciente y menor resolución de las imágenes resultantes. Al contrario, existen pacientes que precisan imagen de una pequeña parte del complejo orofacial, son más apropiadas para un sistema CBCT de limitado FOV, por ejemplo, para el diagnóstico de alteraciones dentales. En estos casos, un sistema limitado de FOV nos proporciona una imagen de una pequeña parte de la cara, con menor radiación y elabora una imagen de mayor resolución. Por ello los parámetros de CBCT deberían seleccionarse con el fin de obtener la mejor resolución posible y no sólo limitar la exposición a la radiación del paciente sino, lo más importante, aportar un detallado diagnóstico para las aplicaciones en cada caso. (Scarfe WC, 2008); (Farman AG, 2009).

Como veremos posteriormente en la aportación personal, es de gran importancia protocolizar de forma racional las indicaciones de las pruebas radiológicas ya que hay que evitar que se realicen de forma injustificada. Esto resulta especialmente grave conociendo que como efecto secundario en los órganos mas radiosensibles la consecuencia puede ser el desarrollo de cáncer.

Existen multitud de factores que han contribuido al aumento progresivo de la demanda de pruebas de imagen, entre otras, podemos destacar: el desarrollo de la imagen digital, los cambios en los conocimientos y las actitudes de la población, la concatenación de pruebas resultante de una mayor frecuencia de hallazgos incidentales, el uso de las pruebas de imagen como monitor de determinados tratamientos, la mayor disponibilidad de estas técnicas, incluso ya en las propias Clínicas dentales, etc.

El aumento de la demanda por parte de los propios pacientes junto a la facilidad de la oferta, conlleva inevitablemente una mayor frecuentación de las técnicas más modernas con el correspondiente menor uso de las convencionales que en algunos casos pueden ser, además de menos peligrosas, igual de efectiva que las últimas innovaciones.

La alarmante iatrogenia, asociada a las radiaciones ionizantes, nos obliga a apreciar como un valor a tener muy en cuenta el buscar siempre la técnica más efectiva con el menor riesgo posible evitando siempre-dentro de lo posible-los efectos adversos.(N. Zamora Martínez, 2011).

Los efectos adversos de las radiaciones en los tejidos es conocida, existen multitud de estudios que fundamenta que demuestran una asociación entre las radiaciones y el cáncer , especialmente en órganos radiosensibles como el tiroides y la mama. El mayor afectado en el CBCT, es la glándula salivar. (Chau AC, 2009).

Además, la radiación puede producir mutaciones genéticas y discapacidades intelectuales o del desarrollo en niños que fueron expuestos a radiación in útero, y un aumento de la incidencia de enfermedades cardiovasculares. También se han estudiado los posibles efectos directos de la radiación como lesiones cutáneas, desarrollo de cataratas y pérdida de cabello. Las radiaciones son espacialmente dañinas en la etapa uterina y en los primeros 100 días de vida con respecto al cáncer, además de posible teratogenia (retraso del crecimiento, deterioro cognitivo y daño al sistema nervioso central). Durante el embarazo existe mayor radiosensibilidad del tejido mamario lo cual puede hacer que aumenten sus efectos nocivos. Por tanto su uso solo estará justificado en casos excepcionales. Tabla 2.

Existe también una normativa extensa sobre las instalaciones que obliga a la señalización de las áreas productoras de Rayos X, diferenciando de éste modo distintas zonas; vigilada, controlada, de permanencia limitada, de permanencia reglamentada y de acceso prohibido. Asocia además la posibilidad de que dichas áreas tengan riesgo de contaminación y de irradiación. (Manual general de radioprotección). Imagen 10.

	RIESGO DE IRRADIACIÓN	RIESGO DE IRRADIACIÓN	RIESGO DE CONTAMINACIÓN	RIESGO DE IRRADIACIÓN Y CONTAMINACIÓN
Zona vigilada 1mSv/a <Dosis>6 mSv/a (ó 3/10 límite Trabajadores Expuestos)				
Zona controlada Dosis > 6 mSv/a (ó 3/10 límite de dosis de Trabajador Expuesto)				
Zona de permanencia limitada Dosis anual > Límites de dosis de Trabajador Expuesto				
Zona de permanencia reglamentada Dosis periodos cortos > Límites de dosis de Trabajador Expuesto				
Zona de Acceso prohibido Dosis única de exposición > límite de dosis de Trabajador Expuesto				

Imagen 10. Señalización de las áreas productoras de Rayos X.

A continuación recogemos algunas tablas muy significativas con expresión de algunas técnicas habituales y de sus dosis de radiación correspondiente.

Procedimiento	Dosis efectiva media de radiación (mSv)	Nombre equivalente de radiografías
Radiografía de tórax posteroanterior	0,02	1
Radiografía de cráneo	0,1	5
Mamografía	0,4	20
Radiografía pélvica	0,6	30
Radiografía abdominal	0,7	35
Gammagrafía de perfusión pulmonar	2,0	100
TC cerebral	2,0	100
Urografía intravenosa	3,0	150
Gammagrafía ósea	6,3	315
TC de tórax	7,0	350
TC de abdomen	8,0	400
Enema de bario	8,0	400
Angio-TC pulmonar	15,0	750
Angio-TC coronaria	16,0	800

(A partir de 10mSv el riesgo atribuible a lo largo de la vida es de al menos 1 caso de cáncer por cada 1000 pacientes)

Procedimiento	Complicación	Riesgo aproximado
TC pediátrico	Riesgo de cáncer mortal	1/1000
Angio-TC coronario	Riesgo de cáncer	1/270 (40 años de edad)
Punción lumbar	Cefalea post-punción	0-70/100
Cirugía espinal o epidural	Paraplejia	7/1.720.000
Fauectomía	Endoftalmitis infecciosa	1,28/1000
Broncoscopia	Muerte	1-4/10.000

Tabla 1. Procedimientos diagnósticos y dosis de radiación. Davies HE. 2011

GRUPO DE EDAD (AÑOS)	FACTOR DE RIESGO MULTIPLICADO
< 10	x 3
10- 20	x 2
20 -30	x 1.5
30- 50	x 0.5
50- 80	x 0.3
80 +	Insignificante

Tabla 2. Factor de riesgo según la edad. Radiation protection: Cone Ceam CT for dental and maxillofacial radiology . Provisional Guidelines 2009

EL CBCT nos proporciona una visión tridimensional con alta resolución espacial , por lo que nos alejamos de los posibles errores que se planteaban con las radiografías 2D (subestimación de la pérdida ósea y errores en la identificación de puntos de referencia anatómicos) , baja radiación y bajo coste . Estas ventajas está permitiendo su rápida expansión y desarrollo tecnológico, por lo que su posible aplicación todavía se encuentra en discusión y sus características técnicas están en constante evolución.

Como veremos a continuación, la justificación de nuestro trabajo se fundamenta precisamente en tratar de proponer una Guía de Buenas Prácticas en el manejo de CBCT.

En Enero de 2009, la Academia Europea de Radiología Dental y Maxilofacial formulo unos principios básicos para el correcto uso del CBCT:

Las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) se recogen en el R.D. 783/2001, de 6/7 por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. En esta normativa se establecen los procedimientos de autorización y de funcionamiento de instalaciones radiactivas. Asimismo se establecen las prescripciones sobre límites de dosis que pueden recibir los profesionales y el público debido al uso de radiaciones ionizantes. Tabla 3.

Parte del cuerpo	Personal profesionalmente expuesto	Estudiantes y personas en formación > 18años	Estudiantes y personas en formación 16-18 años	Miembros del público
Cuerpo entero	504	504	6	1
Cristalino	150	150	50	15
Piel, manos, pies, otros órganos	500	500	150	50
Feto	1	1	-	-

Tabla 3. Dosis efectivas permitidas (mSv) al año según la legislación española (RD 783/2001 de 6 julio. BOE nº 178)

Fabricante	Nombre, compañía, ciudad, país, web
Voltaje del tubo	KV
Intensidad del tubo	Miliamperios (mA)
Intensidad del tubo x tiempo de exposición	Miliamperios x s (mAs)
Profundidad en la escala de grises	Bit
Tiempo de exposición	S
Tiempo de escaneado	S
Fuente de radiación	Continuo-discontinuo
Rotación	Grados (°)
Nº de proyecciones x rotación	N.º
Tipo de detector	Tipo
Tamaño del detector	Cm
FOV	cm x cm
Tamaño del vóxel (x, y , z)	mm ³
Dimensiones del volumen escaneado	cm x cm x cm
Matriz (disposición de los pixeles)	Pixel x pixel
Posición del paciente	Tumbado-sentado-de pie
Distancia desde el centro de rotación al foco	Mm
Emisión de datos	DICOM/JPG/TIFF/BMP
Dosis de radiación	mSv o µSv

Tabla 4. Propiedades y parámetros que debe tener CBCT. Zamora Martínez 2011

APORTACIÓN PERSONAL



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El abordaje de la patología oral requiere un diagnóstico preciso y fiable para realizar un tratamiento certero y adecuado. Para ello el apoyo de la radiología ha sido y seguirá siendo fundamental. Las imágenes bidimensionales obtenidas mediante las técnicas radiológicas convencionales o digitales son de una gran ayuda pero no ofrecen datos reales o fieles a la anatomía del paciente.

Las imágenes producto de las radiografías periapicales, oclusales, panorámicas y telerradiografías aunque han sido de mucha ayuda, arrastran problemas de distorsión y errores en los puntos de referencia por efecto de la proyección geométrica, la magnificación y distorsión de las imágenes, la posición de la cabeza o por alteraciones en la nitidez dependientes del operador y en ocasiones del proceso de revelado.

CT conebeam (CBCT) o TC de haz cónico, representa un cambio radical en el mundo de la radiología oral y máxilofacial, aportando alta velocidad de escaneado, comodidad para el paciente y seguridad en la calidad de la exploración. A ello hay que añadir un mínimo aumento de dosis de radiación con respecto a las técnicas convencionales de forma individual y una disminución muy significativa con respecto al TC helicoidal.

El CBCT como técnica radiológica ofrece un potencial extraordinario para la precisión diagnóstica, la planificación del tratamiento y la evaluación de resultados pero no existe todavía un protocolo consensuado para su optimización. Aunque hay algunas Guías de buenas prácticas (Radiation protection: Cone Beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidences Based Guidelines. A report prepared by the sedentext project. 2011) y conferencias de consenso (Guidelines for the Use of Cone- Beam Computed Tomography. Dula K. 2014)

Hemos revisado la bibliografía reciente buscando algún informe documentado emitido por alguna Agencia española de Evaluación de Tecnologías Sanitarias y no hemos encontrado ningún trabajo al respecto. Por eso, pensamos que es muy interesante reflexionar sobre su eficacia, efectividad y eficiencia desde el rigor de la evidencia científica libre de cualquier interés comercial.

5. HIPOTESIS

La tomografía computarizada Cone Beam (CBCT) nos brinda una perspectiva tridimensional totalmente fiable, aportando una herramienta diagnóstica muy útil en odontología con un alto nivel de resolución y precisión y un aceptable nivel de radiación. Aunque su uso no debe ser generalizado sino protocolizado siguiendo criterios de evidencia científica.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

El objetivo general de nuestra tesis trata de evaluar el uso de los sistemas Cone Beam (CBCT) en la práctica habitual de una Clínica Odontológica de nivel medio/alto que tiene la experiencia de su uso después de cuatro años de aplicación.

6.2 Objetivos específicos

- 1.- Examinar y describir cuales son las patologías más frecuentes y relevantes donde esta técnica es más eficaz que la radiología convencional.
- 2.- Examinar y describir los hallazgos clínicos más frecuentes y relevantes desconocidos por el paciente.
- 3.- Proponer un protocolo para la optimización diagnóstica de esta técnica en Clínica Odontológica.

7. MATERIAL Y METODOS

Para dar cumplimiento a nuestros objetivos hemos diseñado un plan de trabajo basado en un estudio observacional de casos recogidos de una Clínica odontológica de reconocido prestigio profesional: CLINICA CUEVAS-QUEIPO (Málaga) con las que declaramos formalmente la no existencia de ningún tipo de conflicto de intereses.

Hemos elegido esta clínica por reunir a nuestro juicio las condiciones ideales para poder cumplir los objetivos marcados y traducir nuestros resultados en unas conclusiones prácticas extrapolables a otras clínicas del sector.

Las condiciones a las que nos referimos son

1.- Amplia y contrastada experiencia de más de 25 años de ejercicio clínico y 5 en el manejo del CBCT como herramienta diagnóstica y de control terapéutico.

2.- Disponer de un CBCT en la misma clínica y de personal profesionalmente capacitado y acreditado para la ejecución técnica y la interpretación radiológica de las imágenes.

3.- Cumplimiento estricto de toda la normativa de seguridad y prevención de riesgos laborales.

4.- Archivo de historias clínicas y base iconográfica perfectamente ordenada y documentada con estricto cumplimiento de la Ley de Protección de datos

La Clínica Dental Cuevas Queipo consta de un equipo médico que abarca toda la odontología así como las ramas de dedicación exclusiva con interrelación multidisciplinar (maxilofacial, pediatría...).

El aparato del que se dispone, ubicado en la misma clínica es de la casa comercial SIRONA, modelo GALILEOS CONFORT, con el que se han realizado todos los casos clínicos incluidos en esta tesis doctoral. El software del sistema es SIDEXIS XG 2.53 , GALILEOS V.1.9.0.7 de SIRONA.

(Ver Anexo 1)

Una vez realizado el estudio se adjunta automáticamente a su historia clínica electrónica, con un sistema regulado de protección de datos del paciente.

Como estrategia de discusión hemos utilizado la Guía SEDENTEXT. El proyecto SEDENTEXCT (2008-2011) cuenta con el apoyo del Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom) de acciones de investigación y formación en materia nuclear. De dicho proyecto se consensuó la Guía denominada:

“Radiation protection: Cone Beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidences Based Guidelines. A report prepared by the sedentext project” . 2011. (www.sedentext.eu)

Los resultados del estudio SEDENTEXT se plasmaron en unas tablas de recomendaciones de buenas prácticas avaladas por la Academia Europea de Radiología Dentomaxilofacial (EADMFR por sus siglas en inglés).

A la hora de redactar sus recomendaciones se tuvo en cuenta lo siguiente:

- El volumen de evidencia.
- La aplicabilidad de los resultados a la práctica clínica.
- La validez externa de los resultados presentados para la población diana de la directriz.
- La coherencia de los resultados (poniendo en relieve cualquier incoherencia importante).
- El impacto clínico (p. ej., las consecuencias en materia de recursos, la relación riesgo/beneficio).

Cada recomendación provisional se vinculó, en su caso, a la evidencia de investigación pertinente. Se calificó según una adaptación del sistema de clasificación SIGN (tablas 5 y 6).

Tabla 5.: Los sistemas de clasificación utilizados para niveles de evidencia [adaptados a partir de la Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN), 2008].

1++	Metaanálisis/revisiones sistemáticas de ensayos controlados aleatorios de alta calidad, o ensayos controlados aleatorios (incluyendo estudios in vitro) con un riesgo de sesgo muy bajo.
1+	Metaanálisis/revisiones sistemáticas de ensayos controlados aleatorios bien efectuados, o ensayos controlados aleatorios (incluyendo estudios in vitro) con un riesgo de sesgo bajo.
1-	Metaanálisis/revisiones sistemáticas de ensayos controlados aleatorios, o ensayos controlados aleatorios (incluyendo estudios in vitro) con un alto riesgo de sesgo.
2++	Revisiones sistemáticas de estudios de casos y controles o de cohortes de alta calidad; ensayos no aleatorios, estudios de casos o de cohortes de alta calidad, con un riesgo muy bajo de confusión, sesgo o intervención del azar y una probabilidad alta de que la relación sea causal.
2+	Ensayos no aleatorios, estudios de casos y controles o de cohortes bien efectuados, con un riesgo bajo de confusión, sesgo o intervención del azar y una probabilidad moderada de que la relación sea causal.
2-	Ensayos no aleatorios, estudios de casos y controles o de cohortes con un riesgo elevado de confusión, sesgo, o intervención del azar y un riesgo significativo de que la relación no sea causal.
3	Estudios no analíticos (p. ej., informes de casos, estudios transversales).
4	Dictamen de un experto.

Tabla 6: Los sistemas de clasificación utilizados para niveles de evidencia [adaptados a partir de la Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN), 2008].

A	Al menos un metaanálisis, revisión sistemática o ensayo controlado aleatorizado con una puntuación de 1++ y directamente aplicable a la población diana; o una revisión sistemática de ensayos controlados aleatorios o un cuerpo de evidencias formado principalmente por estudios con una puntuación de 1+, directamente aplicables a la población diana, que demuestren una coherencia global de los resultados.
B	Un cuerpo de evidencia que incluya estudios con una puntuación de 2++ y directamente aplicables a la población diana, que demuestren una coherencia global de los resultados; o evidencia extrapolada a partir de estudios con una puntuación de 1++ o 1+.
C	Un cuerpo de evidencia que incluya estudios con una puntuación de 2+ y directamente aplicables a la población diana, que demuestren una coherencia global de los resultados; o evidencia extrapolada a partir de estudios con una puntuación de 2++.
D	Evidencia de nivel 3 o 4; o evidencia extrapolada a partir de estudios con una puntuación de 2+.
GP	Buena práctica (a partir de la experiencia clínica de los miembros del equipo encargado de redactar las directrices y del consenso de todas las partes implicadas).

En dicho documento se utilizan dos clasificaciones adicionales:

Una clasificación de "ED" se aplicará en el caso de la declaración se derive directamente de la Directiva 96/29/Euratom del Consejo del 13 de mayo de 1996 (por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes) o de la Directiva 97/43/Euratom del Consejo del 30 junio de 1997 (relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas).

Una clasificación de "BP" se aplicará en el caso de la declaración sea idéntica al o se derive directamente del "Principio Básico" del uso de la tomografía computarizada de haz cónico [de aquí en adelante CBCT] para la radiología dental, según se elaboró por consenso por la Academia Europea de Radiología Dentomaxilofacial (véase el apartado 3 del presente documento).

Advirtiendo que ningún conjunto de directrices es permanente, especialmente cuando se refiere a nuevas tecnologías de rápido desarrollo, como la CBCT por lo que las guías deben ser revisadas periódicamente, al menos cada cinco años.

El principio fundamental de la Guía apunta a procurar siempre que el examen con CBCT esté debidamente justificado de forma individual

La elección de la CBCT para la radiología dental debe basarse en la prevalencia de enfermedades en el paciente, su tasa de progresión y la precisión diagnóstica de la CBCT para la radiología dental, frente a técnicas tradicionales, para el caso en cuestión.

La propia Guía reconoce a través de su panel de expertos la necesidad de ensayos clínicos que proporcionen información sobre eficacias "de alto nivel", particularmente sobre la eficacia del resultado para el paciente (p. ej., la proporción de pacientes que presentan una mejoría en un procedimiento terapéutico clínico llevado a cabo con la CBCT, frente a la proporción de pacientes que la presentan sin la CBCT).

Al igual que con cualquier directriz, éstas recomendaciones no pretenden imponer limitaciones rígidas a la práctica clínica, sino constituir un concepto de buena práctica con la que se puede considerar las necesidades del paciente.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

8. RESULTADOS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

8.1. Objetivo 1º

EXAMINAR Y DESCRIBIR CUALES SON LAS PATOLOGÍAS MÁS FRECUENTES Y RELEVANTES DONDE CBCT ES MÁS EFICAZ QUE LA RADIOLOGÍA CONVENCIONAL.

Estamos convencidos que CBCT es una modalidad radiológica de gran valor diagnóstico que aporta imágenes tridimensionales precisas y de alta calidad de los elementos óseos en el complejo maxilofacial. Con este sistema, utilizamos una baja dosis de radiación, permitiendo la visualización por planos y en volumen con un nivel de resolución excelente que ofrece detalles suficientes para el análisis preciso. Con su ayuda, la odontología se ha visto muy beneficiada ya que nos facilita el diagnóstico y la toma de decisiones de numerosas patologías.

La radiografía tradicional ha sido durante mucho tiempo el sistema habitual con el que el odontólogo fundaba sus diagnósticos y diseñaba sus estrategias terapéuticas a pesar de que la información que proporcionaba era muy incompleta al ser imágenes bidimensionales. La aparición de la imagen tridimensional ha sido fundamental para el avance de la especialidad al permitir manejar una información anatómica exacta de la zona lesionada a estudiar y poder diseñar en consecuencia el tratamiento más apropiado.

La llegada del CBCT ha representado una aportación muy efectiva al poner al alcance del odontólogo-incluso en su misma clínica-un recurso diagnóstico que solventa muchas de las limitaciones de la radiología tradicional y de los inconvenientes de los diferentes tipos de TC.

Una ventaja muy a tener en cuenta, como luego comentaremos, es la seguridad del paciente en cuanto a la menor dosis de radiación ya que en los casos en que se requiere un análisis 3D, el uso de CBCT la dosis de radiación es significativamente menor en comparación con la recibida con otro tipo de escáner.

En comparación con la radiografía convencional, la dosis de radiación CBCT es equivalente a una serie de toda la boca y aproximadamente de tres a siete veces la dosis de un radiografía panorámica dependiendo de la configuración en uso.

Las imágenes que proporcionan los CBCT son de una alta calidad (una resolución submilimétrica) y presentan un coste menor que otras pruebas como la RM y/ o TC multicortes y la gran ventaja-por su menor tamaño- es el hecho de poder ser ubicado en la misma clínica odontológica como es nuestro caso.

De todos modos, resulta evidente que la indicación de un CBCT debe estar justificada tras la valoración de la historia clínica, exploración y revisión de otras pruebas realizadas con anterioridad. No se debe caer en el pragmatismo poco científico de utilizar este recurso como prueba primera para decidir una acción terapéutica a priori desconocida.

El empleo de rutina de los sistemas CBCT como screening o triaje no está justificado salvo en casos muy excepcionales con patologías muy complejas y abigarradas. Incluso como veremos a continuación, no es necesaria la realización de la CBCT ante todo procedimiento odontológico ya que en algunos casos no es más eficiente su utilización que la radiología convencional y en otros, sus imágenes no tiene una definición completa para valorar los tejidos blandos, siendo para ello la ideal, por ejemplo en el caso de los meniscos en la ATM la Resonancia Magnética. Al contrario, existe un amplio consenso científico para poder ofrecerla con mayor efectividad y eficiencia en casos de cirugía implantológica, extracciones de cordales, valoración de formaciones quísticas, etc como se desarrollará más adelante.

En este apartado de nuestra tesis doctoral, hacemos una revisión de aquellas aportaciones más relevantes donde CBCT ha resultado fundamental para un buen diagnóstico y tratamiento. Se trata de un análisis descriptivo que no pretende ser más que una muestra de la experiencia personal de la citada Clínica odontológica.

Ante la enorme casuística recogida, hemos elegidos una serie de casos paradigmáticos que ilustramos de forma resumida con algunas imágenes y comentamos alguna característica clínica y el juicio personal que ha merecido su utilización. Posteriormente, en el capítulo de discusión, confrontaremos nuestra experiencia con la descrita en diferentes publicaciones, especialmente con las Guías de buenas prácticas publicadas al respecto.

1.- APLICACIÓN EN LA PATOLOGÍA PERIAPICAL Y DEL PERIODONTO

El escáner ConeBeam ha demostrado tener, en nuestra experiencia, una gran sensibilidad para detectar lesiones apicales, siendo mucho más efectiva que la conseguida con las radiografías tradicionales y como valor añadido nos permite además cuantificar dicha lesión. Con CBCT hemos podido llegar a identificar lesiones muy pequeñas que anteriormente se escapaban cuando el estudio quedaba limitando a la radiografía convencional 2D y localizar con exactitud su posición.

Consideramos que los sistemas CBCT es significativamente más sensible que la radiografía convencional en la detección de la periodontitis apical. La destrucción del hueso periapical asociada a la infección pueden identificarse de forma clara utilizando CBCT antes de su demostración a través de signos radiográficos en medios convencionales.

Nuestra experiencia nos confirma que CBCT puede resultar un complemento útil para el diagnóstico de la enfermedad periapical, especialmente cuando los signos y síntomas clínicos y la radiografía convencional no se demuestren concluyentes. Su utilidad en clínica puede ser decisiva para un buen pronóstico ya que la detección temprana de la periodontitis apical conlleva resultados potencialmente mejores para el tratamiento de conducto radicular no quirúrgico.

Otra gran ventaja de CBCT frente a las radiografías convencionales es la capacidad para detectar la destrucción ósea asociada con periodontitis apical de forma precoz. El resultado del diagnóstico precoz hace posible instaurar el tratamiento inmediato y por tanto mejor pronóstico en su evolución.

El escáner cone beam nos ha demostrado-en nuestra experiencia- tener una mayor sensibilidad para detectar lesiones apicales que las radiografías tradicionales. Podemos llegar a ver lesiones muy pequeñas que anteriormente se nos escapaban cuando se basaba el estudio en radiografía convencional. Además nos ofrece una información precisa sobre extensión, forma y localización de estas lesiones, aportándonos una imagen bastante clara de la situación y condición real de estas estructuras que podrían estar relacionadas a distintos tipos de lesiones.

A nuestro juicio, las imágenes obtenidas por CBCT en este campo nos permite una visión axial, sagital y coronal que con la radiografía convencional no obtenemos, además como apuntan algunos autores, tiene la ventaja que reduce o incluso elimina la superposición de las estructuras circundantes lo que supone una aportación de gran interés diagnóstico y terapéutico. En nuestra casuística, los sistemas CBCT ha sido muy útil para evaluar de forma precisa la verdadera naturaleza y la gravedad de los casos de reabsorción; y además presenta la ventaja de no solo detectarla, sino también en evaluar su extensión. Por tanto, presenta mayor sensibilidad a la hora de detectar las cavidades de reabsorción radicular, permitiendo conocer la localización exacta y su extensión, así como la posible perforación y comunicación de la reabsorción con el espacio del ligamento periodontal, aportándonos una gran cantidad de información.

Por todo ello, podemos afirmar que la CBCT, aporta imágenes muy claras para el diagnóstico y en el análisis cuantitativo de los defectos periodontales y con mucha diferencia su uso para análisis bucolingual y defectos periodontales de la furca y además permite determinar con precisión el nivel de hueso periodontal después de la terapia de regeneración y una gran utilidad para diferenciar los granulomas periapicales, ocultos en ortopantomografía, permitiendo un mejor manejo de las mismas .

En ocasiones además del diagnóstico de dichas lesiones, con los sistemas CT cone beam nos ha permitido precisar con detalle la extensión anatómica y su repercusión en otras zonas colindantes. Por ejemplo: lesiones periapicales que se encuentran en contacto directo con los senos paranasales (maxilares) que pueden causar síntomas como secreciones nasales o cefaleas secundarias. CBCT nos ha permitido diagnosticar, en no pocas veces, sinusitis crónica de origen dental y como comentaremos después, una gran cantidad de casos en los que hemos descubiertos lesiones relevantes, desconocidas por el paciente. La exactitud anatómica de las imágenes nos ofrece una información tan detallada como la identificación de estructuras nerviosas como es el caso del nervio dentario que nos ha permitido diseñar en muchas ocasiones, diferentes estrategias preventivas con el fin de proteger estas zonas de alto riesgo ante de cualquier tratamiento quirúrgico.

A todo lo anterior, podemos unir en la experiencia recogida, la utilidad CBCT como herramienta clínica para detectar defectos intraóseos y de la furca, dehiscencia, fenestración y quistes periodontales.

Las siguientes imágenes que presentamos corresponden a casos clínicos, de pacientes reales recogidos de la clínica



Imagen 11 . Imagen a. Plano coronal . Lesión radiolúcida, homogénea y de bordes bien delimitados en pieza 15 en relación con periodontitis periapical (granuloma periapical)



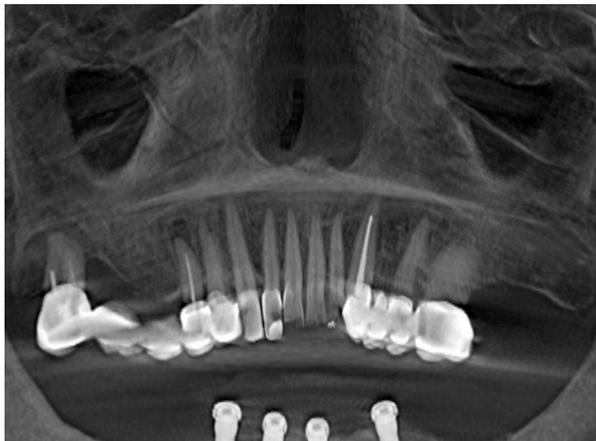
Imagen 12. Lesión radiolúcida, homogénea en íntima relación con la raíz dentaria, compatible con granuloma periapical en pieza 34.



Imagen 13. Plano sagital. Área radioluciente en pieza 16 secundario a granuloma .



a.



b.



c.

Imagen 14. a. Ortopantomografía. Imagen sugestiva de granuloma periapical en pieza 15. b. Corte panorámico tomográfico para mapa de lesiones periapicales en pilares de prótesis fijas dentosoportadas superior derecha afectando a los pilares 18 y 15. Pilares endodonciados con reacción ósea periapical. c. Reconstrucción en plano sagital CBCT con imagen ampliada de lesión radiolúcida, homogénea y de bordes bien delimitados en relación con periodontitis periapical (granuloma periapical).



Imagen 15. Corte panorámico tomográfico y CBCT. Paciente con restos radiculares. Fracturas dentales. Reabsorción ósea. Severa malposición y maloclusión. Acude por debilidad en las raíces y para valoración de posibles fundas. Imagen CBCT con granuloma periapical en raíz premolar superior, por tanto se contraindica colocación de fundas.

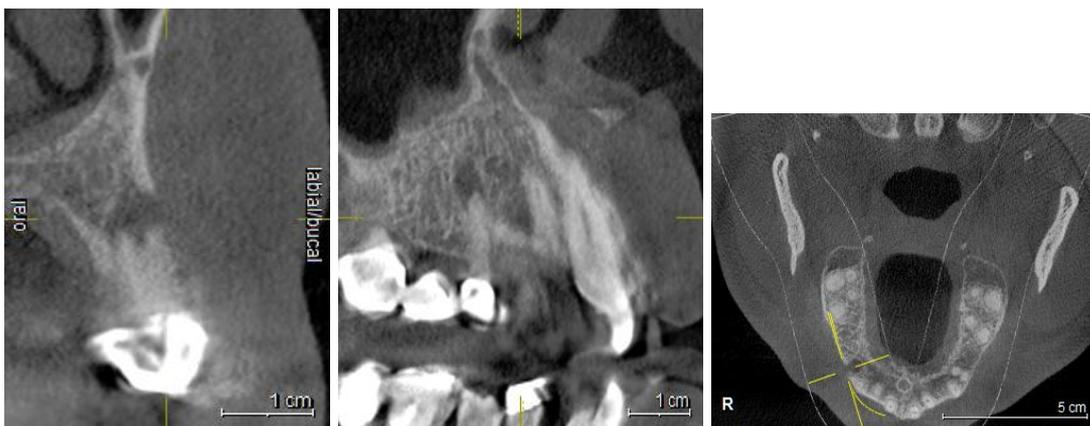
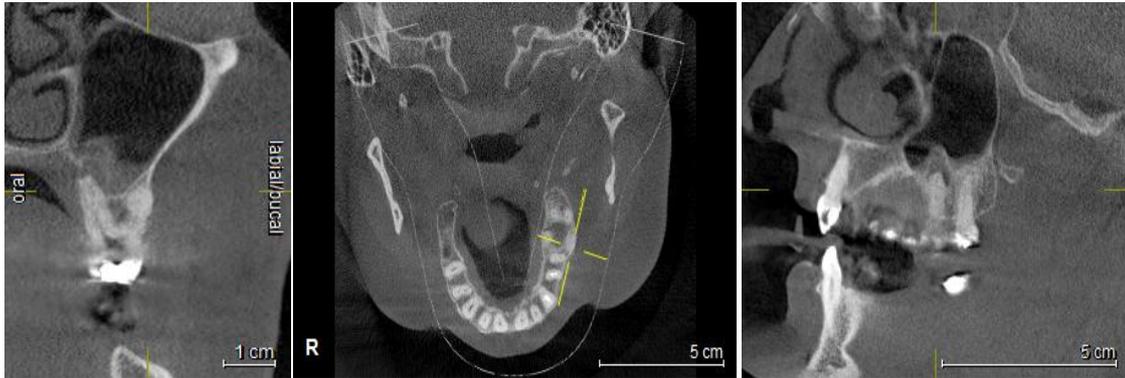
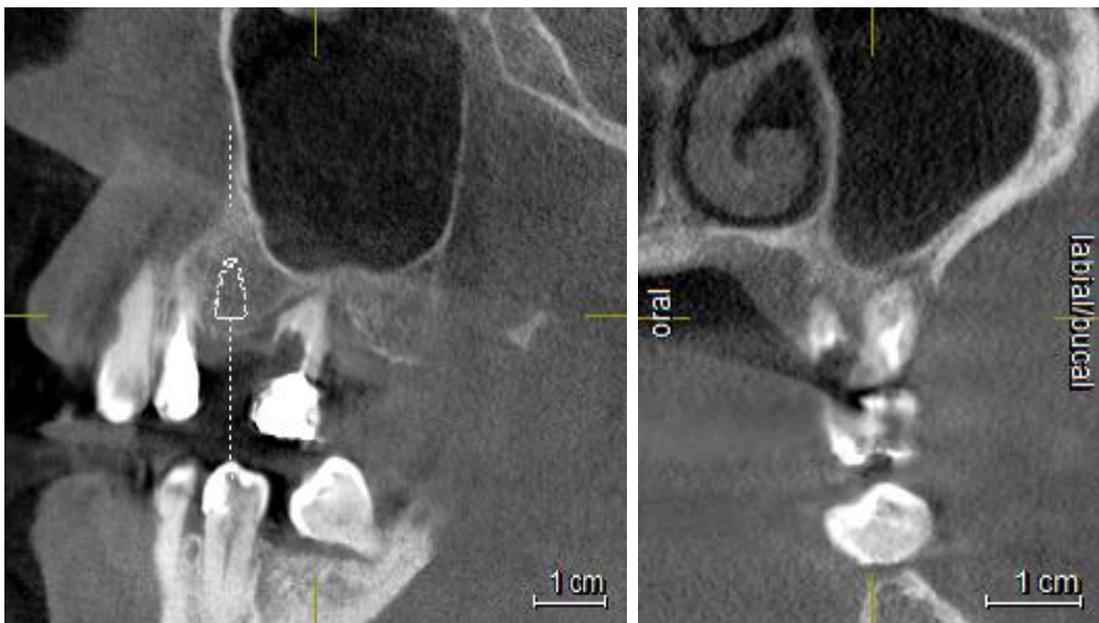


Imagen 16. Imagen a, b c, d. Se identifica área radiolúcida en raíz 14, en paciente asintomático con reabsorción radicular y fistula en pilar 14V. Se plantean alternativas de tratamiento, previo CTBC.



Paciente 17. Paciente derivada por ORL, por neuralgia izquierda. Granuloma en primer molar izquierdo reconstruido , con abombamiento en el suelo del seno maxilar.



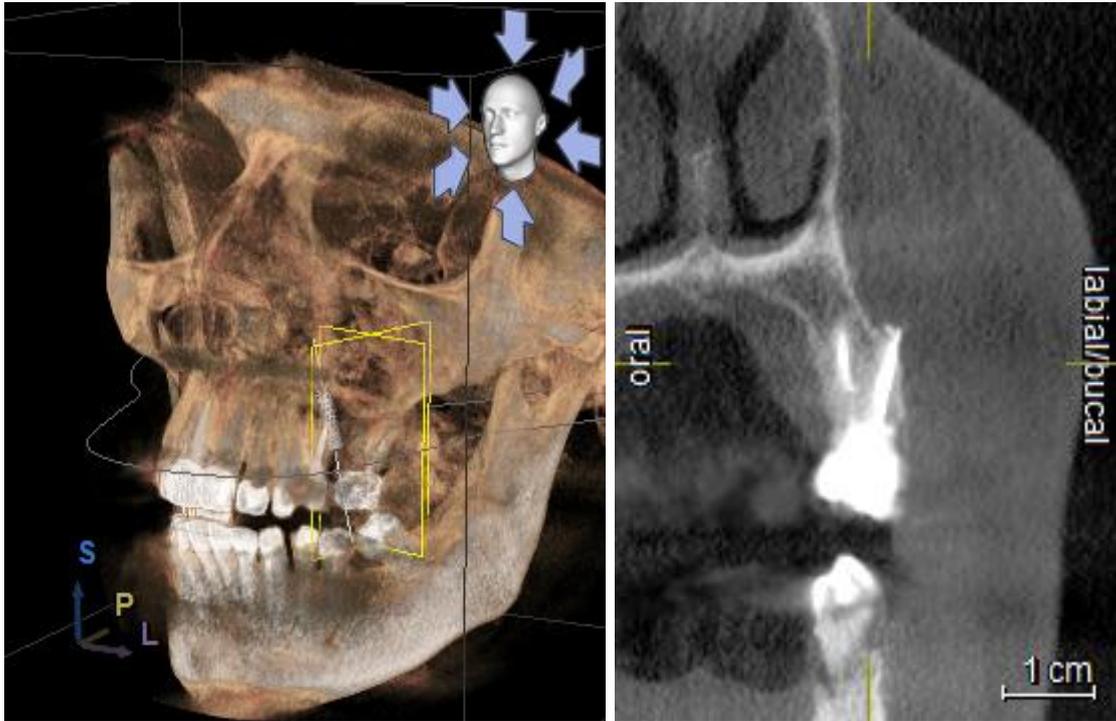


Imagen 18. Imágenes CBCT. Granuloma apical 26 fracturada con abombamiento en el piso del seno maxilar izquierdo (exodoncia y granulectomía). Raíz vestibular 24 fuera de la tabla alveolar. Diseño para prótesis.

2.- APLICACIÓN EN CIRUGÍA ODONTOLÓGICA Y MAXILOFACIAL.

A veces es complicado decidir a priori la pertinencia de este método diagnóstico en nuestra práctica profesional, pero ante la duda proponemos siempre empezar por las técnicas menos agresivas desde el punto de vista radiológico y en caso necesario, pasar en un segundo estadio al CBCT.

En nuestra experiencia, podemos afirmar que CBCT ha conseguido grandes aportaciones en los pacientes susceptibles de cirugía, ya que en estos casos es muy importante poder localizar y determinar la distancia entre las estructuras anatómicas vitales, valorar la calidad ósea y estimar si existe destrucción cortical; además el hecho de poder medir la anchura del hueso alveolar y visualizar su contorno son datos de una gran utilidad para optimizar un abordaje quirúrgico.

Nuestros resultados muestran que la realización de CBCT se justifica para la planificación quirúrgica periodontal en los pacientes con enfermedad periodontal severa, como la periodontitis agresiva, y en especial para la planificación quirúrgica regenerativa o mucogingival debido a que estos procedimientos quirúrgicos son costosos y difíciles de planificar. Pero como venimos insistiendo, es importante recordar que las radiografías periapicales son menos costosas y poseen bajas dosis de radiación para el paciente por lo que deben indicarse en los casos más simples.

En nuestra experiencia, CBCT en general han demostrado mayor efectividad en la identificación de un abordaje quirúrgico alternativo menos invasivo, y por lo tanto en principio mucho más aceptable a la hora de elegirlo. Esto se consigue gracias a la gran exactitud geométrica que nos otorgan estos tipos de escáneres, lo que resulta muy beneficioso en el post-operatorio, ya que tenemos que deducir que resultara menos traumático y de una recuperación mucho más rápida.

Nuestra experiencia confirma que los sistemas CBCT nos aportan una idea muy aproximada del volumen de hueso alveolar y de la arquitectura favorable para la reconstrucción protésica al proporcionarnos imágenes de alta resolución de gran utilidad diagnóstica y terapéutica.

Implantología

Los sistemas CBCT se han convertido prácticamente en una herramienta imprescindible en el desarrollo de la implantología. Algunos de sus beneficios reconocidos son los siguientes: localizar y determinar la distancia a las estructuras anatómicas vitales; valorar la calidad ósea y si existe destrucción cortical; medirla anchura del hueso alveolar y visualizar su contorno; determinar si es necesario un injerto de hueso o un levantamiento de seno; seleccionar el tamaño y el modelo de implante adecuado; optimizar la localización del implante y su angulación, etc.

La experiencia demuestra que un posicionamiento incorrecto del implante nos llevaría a resultados antiestéticos y con un elevado porcentaje de complicaciones, con posibilidad de secuelas del tipo parestesias persistentes (en caso de contacto con el nervio mandibular).

La mandíbula contiene en su interior al CAI (conducto alveolar inferior) por el cual transita el nervio dentario inferior o alveolar inferior (NAI), que es la rama más larga de V3 trigémino, éste nace en la cara medial de la rama de la mandíbula en el foramen mandibular, protegido por la llingua, y luego desciende por el tejido esponjoso del hueso en sentido anteroinferior, apical a los dientes inferiores y progresivamente más vestibular en su recorrido, siguiendo una curva de concavidad anterosuperior y finalizando en el agujero mentoniano.

Las imágenes de la CBCT, son una ayuda diagnóstica altamente sensible para la ubicación de la posición y trayectoria del CAI, siendo su conocimiento de vital importancia para disminuir el riesgo de trauma al NAI en los diferentes procedimientos invasivos mandibulares. Estamos convencidos tal como proponen algunos autores (Domínguez J, 2010.) (Suazo I, 2007.) que las medidas espaciales obtenidas del CAI son de gran utilidad al momento de una planificar quirúrgica en casos de osteotomías sagitales de rama en cirugía ortognática.

Para nosotros, CBCT ha sido muy útil para planificar la localización de un implante y su angulación exacta para la cirugía guiada. Las imágenes que aporta, nos permiten determinar si es necesario un injerto de hueso o un levantamiento de seno y para seleccionar el tamaño y el modelo de implante más adecuado. Hay que tener en cuenta un hecho muy importante, y es que un posicionamiento incorrecto del implante nos llevaría a resultados antiestéticos y con un elevado porcentaje de complicaciones que serán siempre menores cuando se acorte el tiempo quirúrgico.

Con el apoyo de CBCT, una vez que tenemos el diagnóstico y se plantea el tratamiento podemos realizar simulaciones, medidas y navegaciones con volúmenes reales. Dato importantísimo para la correcta colocación de implantes y fundamental para el propio paciente que podrá ver en imágenes su propio proceso evolutivo.

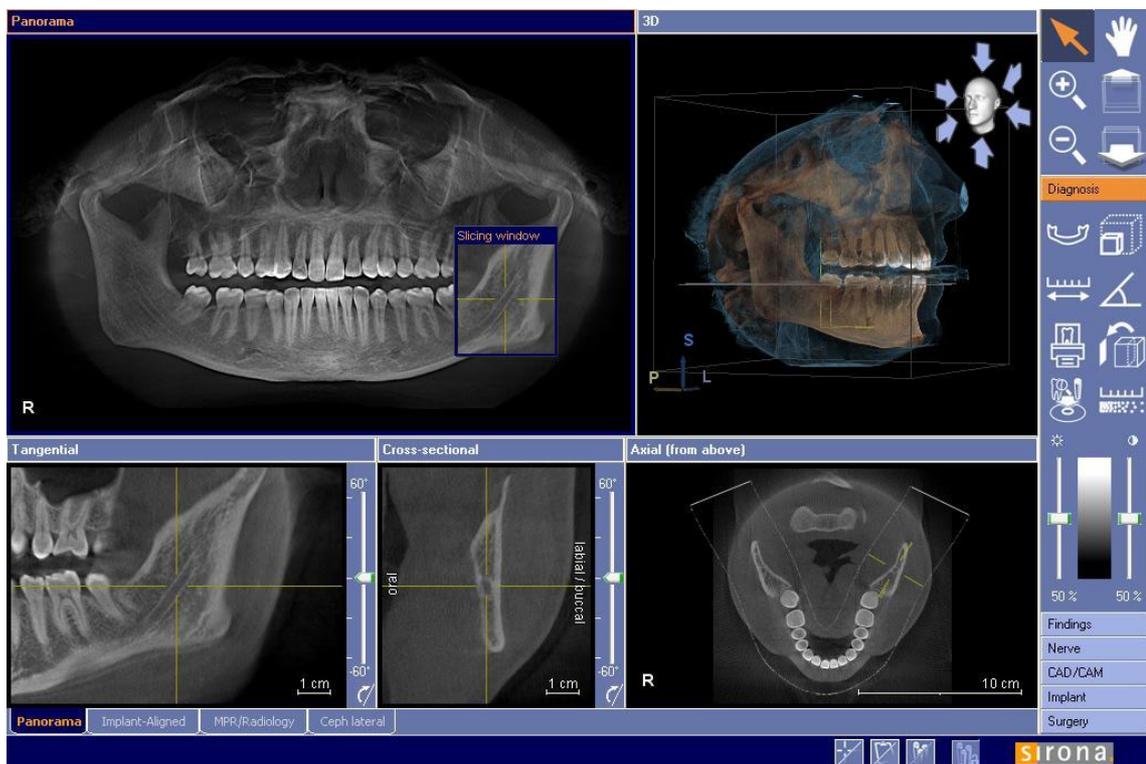


Imagen 19. Visor SIRONA. Conducto Alveolar Inferior en tres planos.

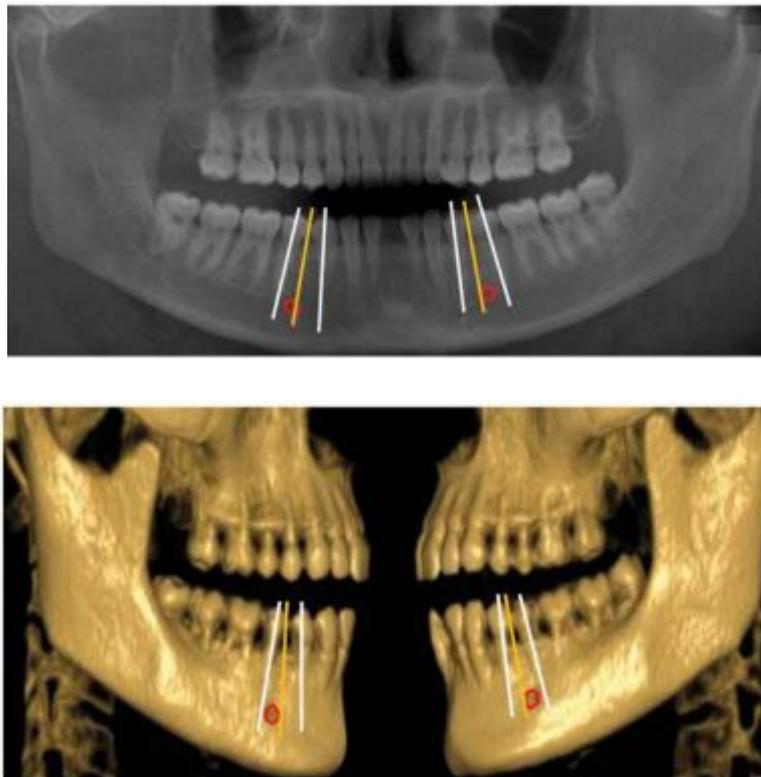


Imagen 20. A. Ubicación del foramen mental trazando una línea imaginaria que pasa por el punto de contacto de los premolares y otras dos por el eje axial de estos, dando así la ubicación del foramen mental. En este caso detrás del punto de contacto. B. Imagen tridimensional del mismo caso

En nuestra experiencia, proponemos CBCT como estrategia recomendable para planificar cualquier cirugía ya que al ofrecernos imágenes tridimensionales podemos identificar con claridad las relaciones anatómicas entre los distintos elementos implicados en nuestra intervención para no seccionar estructuras vasculo-nerviosas que puedan condicionar secuelas para el paciente y complicaciones iatrogénicas. Es importante planear y planificar correctamente la cirugía, incluyendo la vía de entrada y la metodología a realizar y atender a posibles complicaciones durante el proceso. Para ello las imágenes obtenidas en CBCT ayudan de forma inestimable a valorar los planos de clivaje con las estructuras circundantes siendo también de gran utilidad su aportación a la hora de evaluar posibles anomalías o variaciones anatómicas que nos ayudan individualizar el plan quirúrgico.

Los sistemas CBCT en definitiva, mejoran la gestión de cada caso clínico con el análisis exhaustivo de su problema y reduciendo el potencial daño iatrogénico de cualquier intervención.

La detallada exploración previa a la intervención nos permite también identificar aquellos casos que tengamos que aceptar como excluidos por no ser apropiados, reduciendo de este modo, muchas complicaciones quirúrgicas de mal pronóstico.

Como ha quedado dicho, el CBCT nos aporta una idea muy aproximada del volumen de hueso alveolar y de la arquitectura favorable para la reconstrucción protésica. Nos proporciona imágenes de alta resolución que pueden ser utilizados para recoger información de diagnóstico cuantitativo de la salud ósea periodontal.

Las imágenes 3D son ideales para la evaluación de los defectos intraóseos de modo prequirúrgico, los cuales son la principal causa de aflojamiento y pérdida de los dientes y para la evaluación del tratamiento a nivel postquirúrgico.

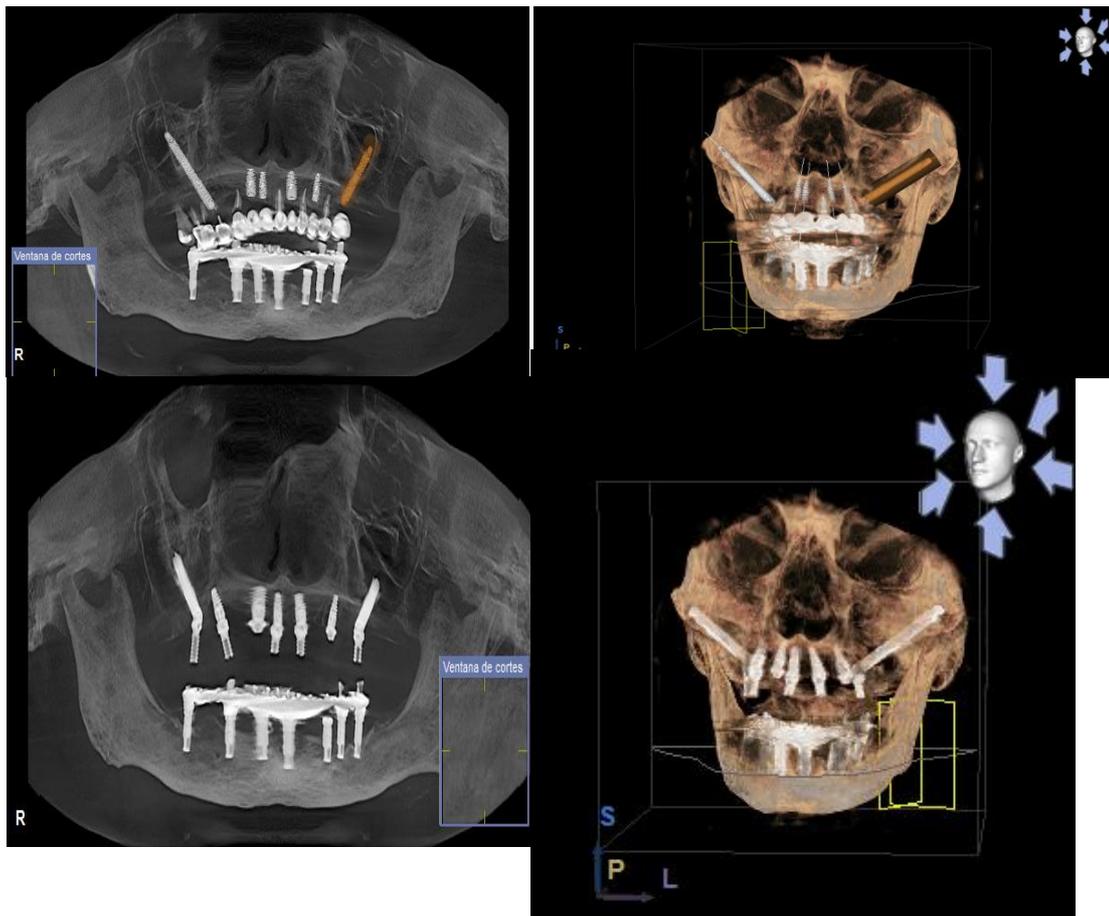




Imagen 21. TC volumétrico pre y postquirúrgico. Planificación guiada de la cirugía con navegación y simulación con medidas reales (1:1). Imágenes del estudio panorámico, CBCT y tridimensional volumétrico.

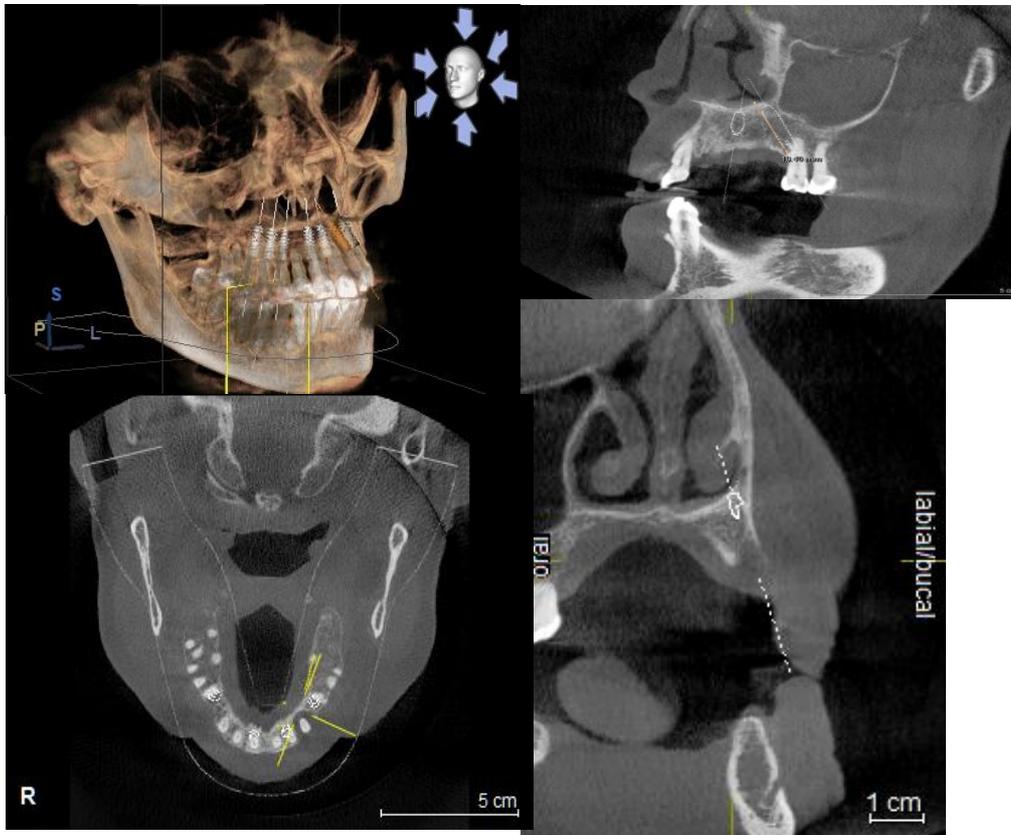


Imagen 22. Reconstrucción en 3D. Simulación prequirúrgica con volúmenes reales. Imágenes de simulación prequirúrgica con medidas reales para una correcta planificación. Reabsorción radicular .

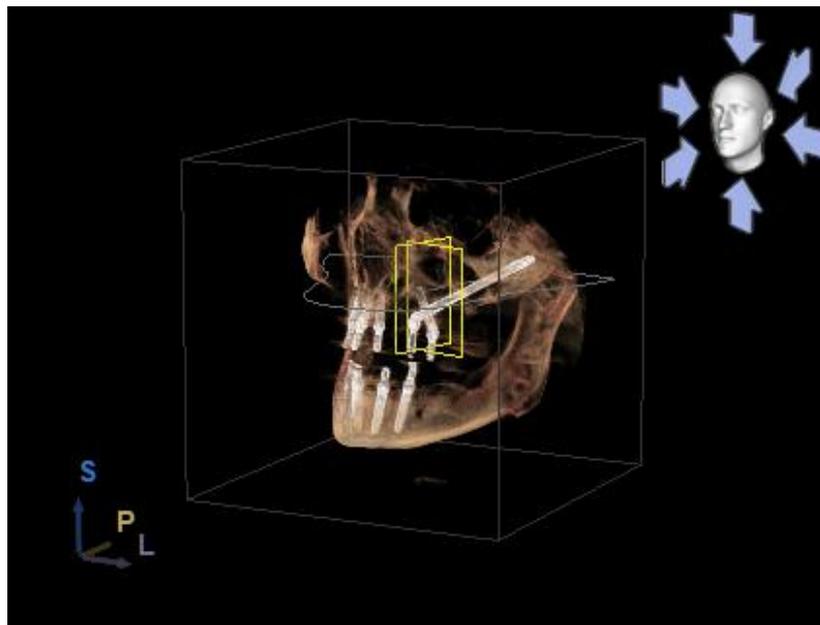


Imagen 23. Reconstrucciones 3D. Implantes cigomáticos a doble plano en lecho de exodoncia 23 incluido.

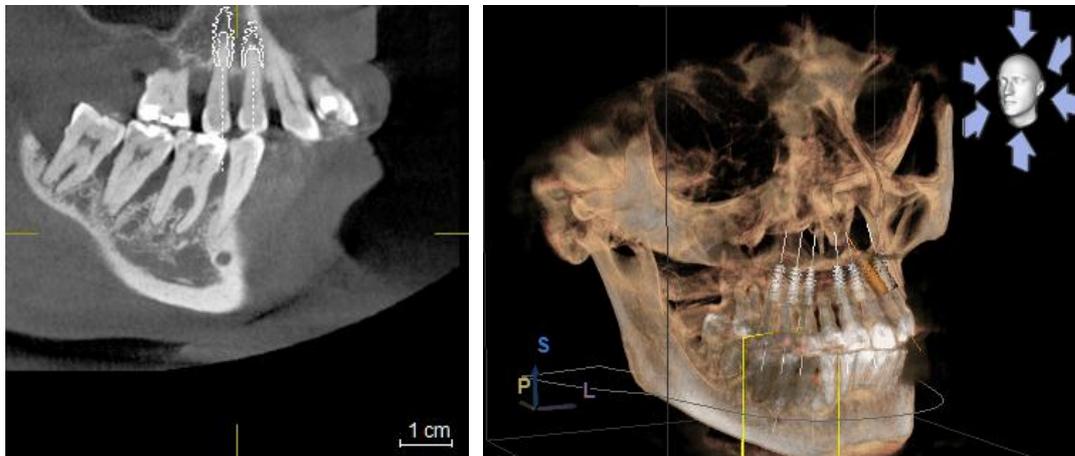


Imagen 24. En éste ejemplo se observa enfermedad periodontal terminal superior e inferior que precisa polixodoncia total superior e inferior, legrado, regularización alveolar y colocación de implantes bajo anestesia general. Se realiza CBCT con el que se valora la baja calidad ósea , con múltiples áreas radiolucetas. Nos ayuda a evaluar las zonas donde se realiza legrado y navegación tridimensional sobre las piezas a sustituir.

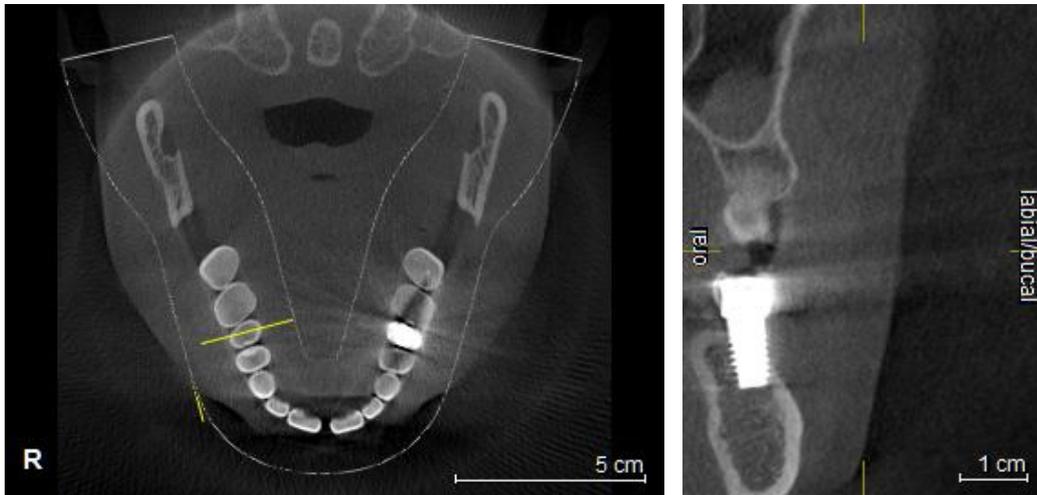


Imagen 25 . Plano axial y coronal. Control postquirúrgico.
Correcta colocación.



Paciente 26 . Reconstrucción volumétrica en 3D. Valoración postquirúrgica de la
tornillería.

Impactaciones y agenesias

Si un canino no se palpa, y por la edad dental debieran estar en la arcada, se recomienda valorar donde se encuentra y como puede estar situado (cuál es su disposición tridimensional: más o menos horizontales-mediales-craneales), así como su relación con las raíces de los dientes vecinos, en especial del incisivo lateral. El método tradicional usado para su diagnóstico consistía en la realización de dos radiografías, desviando el tubo de rayos, pero la imagen solo aporta una idea aproximada del caso. La CBCT ofrece muchas ventajas, las más destacables son la valoración exacta de la anatomía y sus estructuras vecinas así como posibilidad de diseñar una cirugía mínimamente invasiva y por tanto disminuir los riesgos. Además es posible detectar cualquier patología asociada. Aun así, no todas las impactaciones requieren de un CBCT para su diagnóstico. Al igual ocurre en el estudio de los dientes supernumerarios, su detallado examen anatómico y su posibilidad de facilitar la cirugía con este tipo de escáneres nos proporcionar grandes ventajas.

En el caso de las agenesias, CBCT, en algunos casos nos ha sido útil como herramienta de cara a un posible tratamiento quirúrgico, evaluando la imagen tradicional previamente, conociendo los detalles anatómicos precisos.

Una aplicación frecuente de la CBCT es evaluar la posición de un diente incluido, sobre todo cuando está impactado. En estos casos, un aspecto integral de la evaluación es con frecuencia la identificación precisa de cualquier resorción de dientes adyacentes. Tal situación se produce más a menudo cuando los caninos maxilares son ectópicos y se sospecha que las raíces de los incisivos han experimentado la resorción. La evaluación radiológica tradicional depende del uso del movimiento de paralaje entre imágenes tomadas desde diferentes perspectivas.

A pesar de todo lo anterior, la posible ventaja del uso de la CBCT para la localización de la dentición, debe ser considerada frente al riesgo de la mayor exposición a la radiación y el probable coste mayor de los exámenes con esta técnica. Por ello entendemos que no se puede obviar que la radiografía convencional sigue siendo útil todavía y no debe quedar en modo alguno desplazada por el uso generalizado de los sistemas de haz de cono .

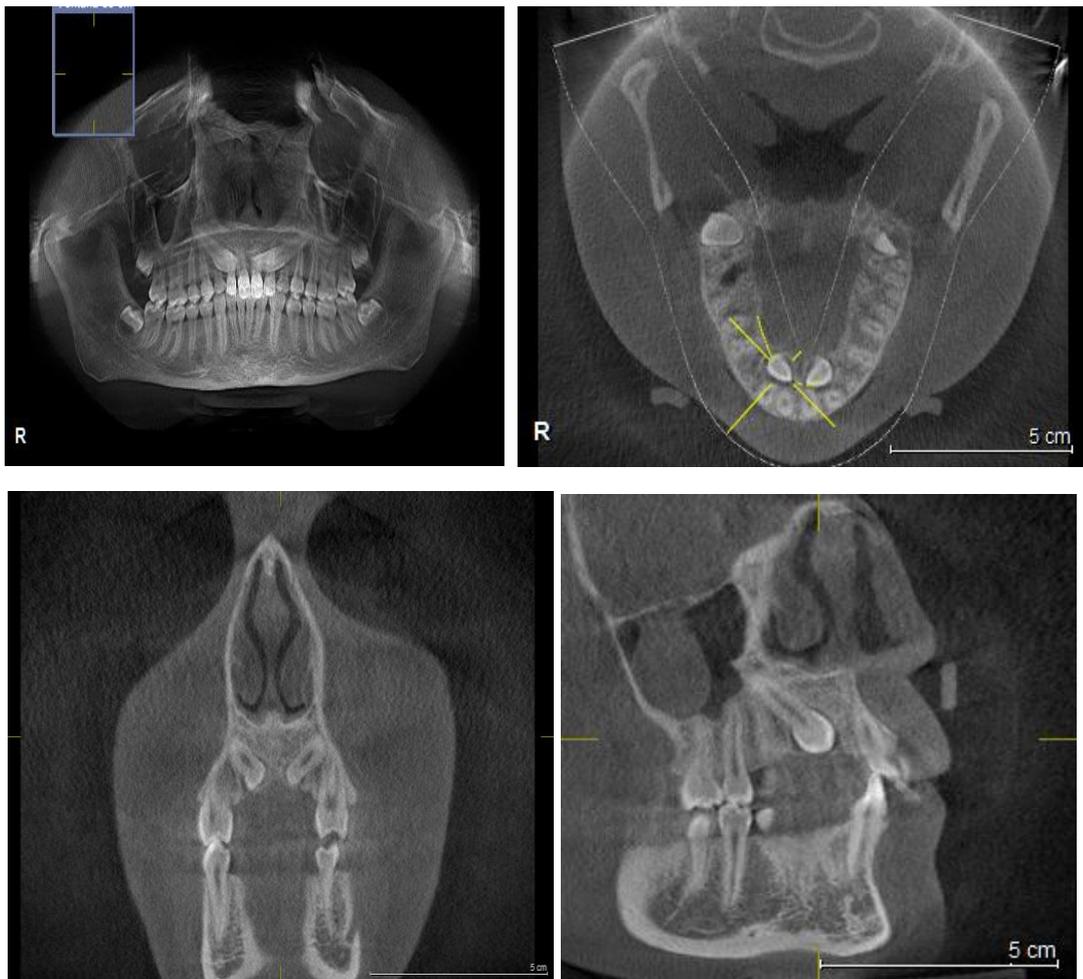


Imagen 27. Paciente con caninos incluidos superiores (13 y 23), ambos muy angulados horizontalmente en el hueso palatino. Cordales superiores impactados (18 y 28). Se realiza CBCT para evaluar la horizontalidad y así poder valorar los posibles tratamientos ; posibilidad de tracción con ortodoncia o extracciones quirúrgicas con posterior sustitución.

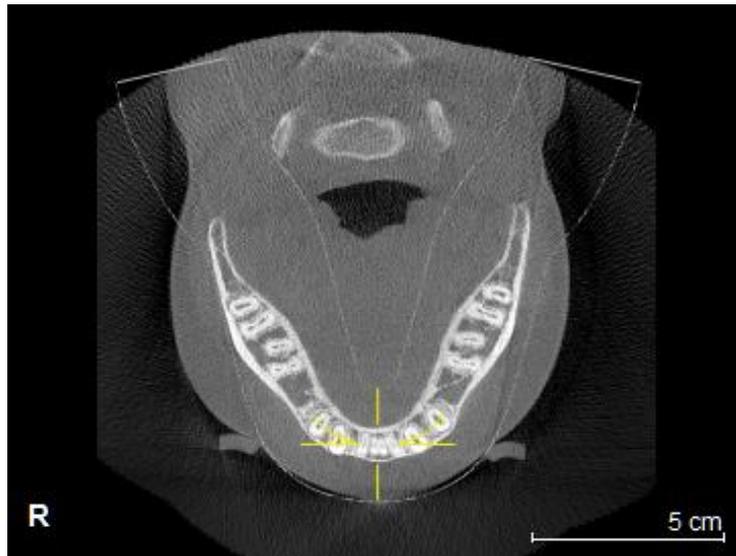


Imagen 28 . Imagen a. Plano axial. En nuestro paciente se identifica a canino incluido y agenesias de premolares inferiores.

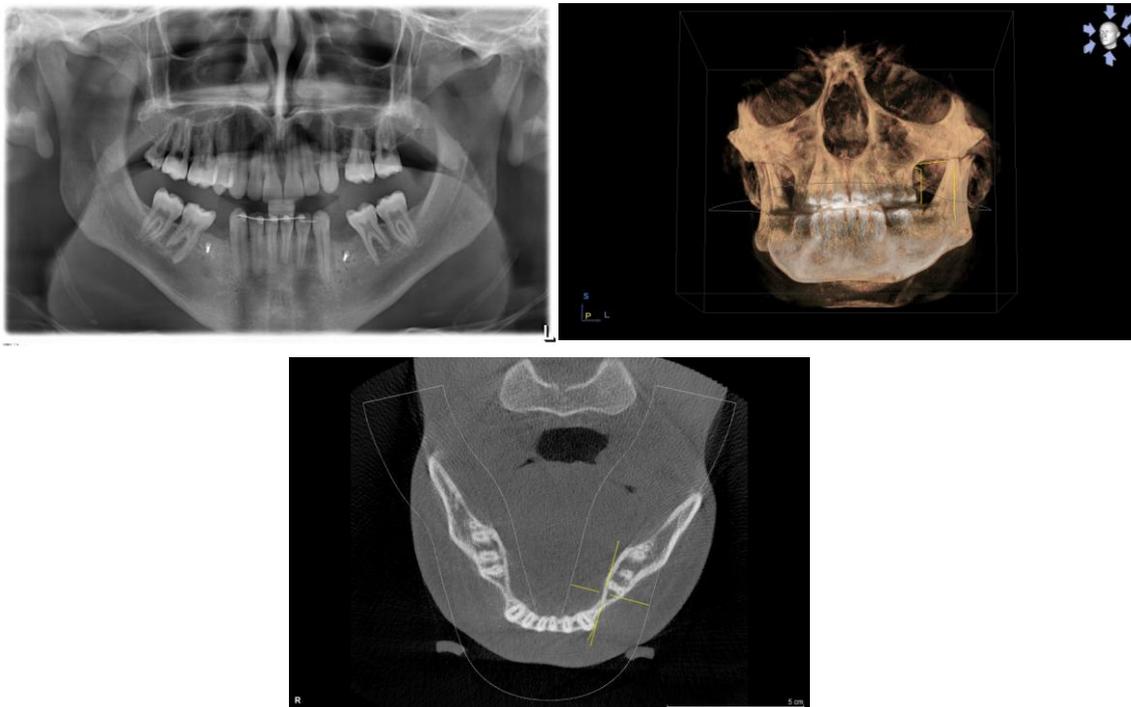
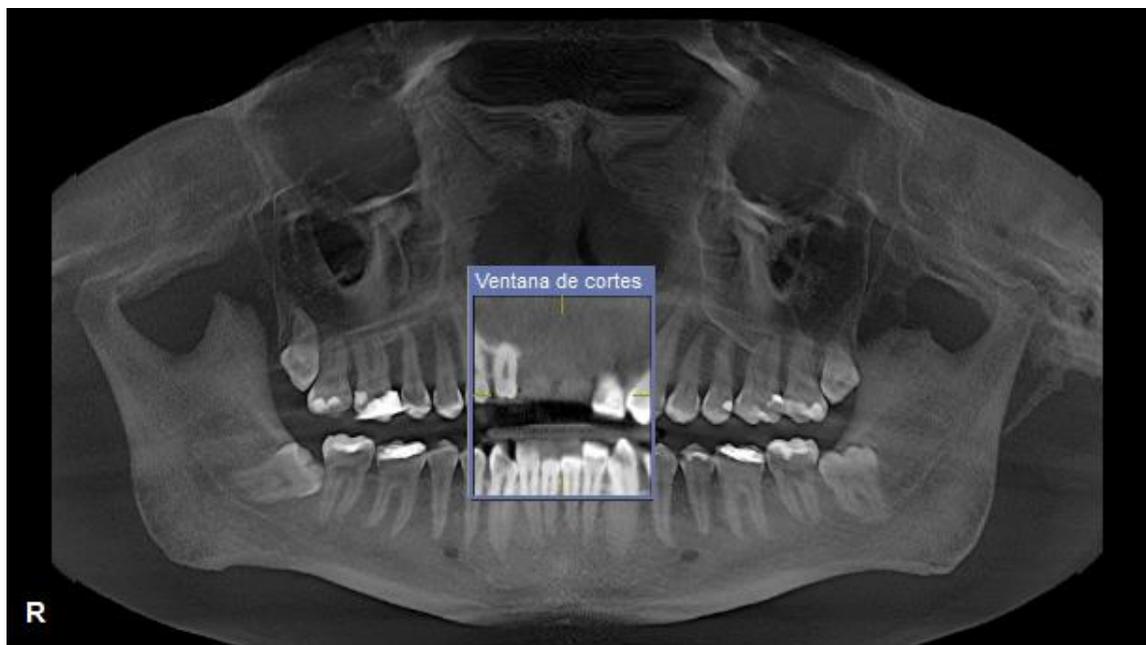


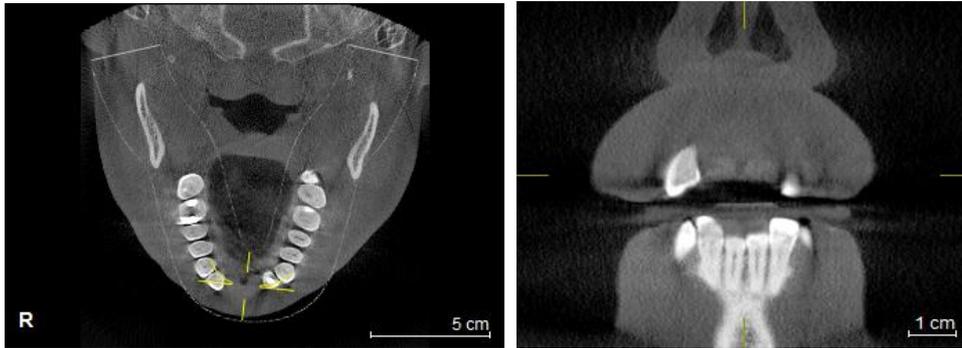
Imagen 29. Ortopantomografía. y CT Cone Beam volumétrico. Agenesia de premolares inferiores.

Fracturas dentales.

En radiografía convencional, salvo que el haz de rayos esté orientado de modo que atraviese el plano de la fractura, no es posible separar los fragmentos en la imagen. La evaluación del traumatismo dental es una de las tareas más difíciles para el odontólogo porque concurren muchos factores: Desplazamiento de fragmentos, superposición de estructuras, edema de tejidos, presencia de cuerpos extraños y en ocasiones, falta de cooperación del paciente. El scanner CBCT supera a la RX convencional en el análisis de dientes traumatizados con sospecha de fractura radicular. En nuestra experiencia, las fracturas dentales se deben generalmente a sobrecarga mecánica salvo en casos de traumatismos. Los estudios volumétricos de haz cónico, nos permiten ver fracturas y fisuras radiculares que normalmente pasarían desapercibidas y así evitar que estas se compliquen y evolucionen a una clínica que sea mucho más peligrosa.

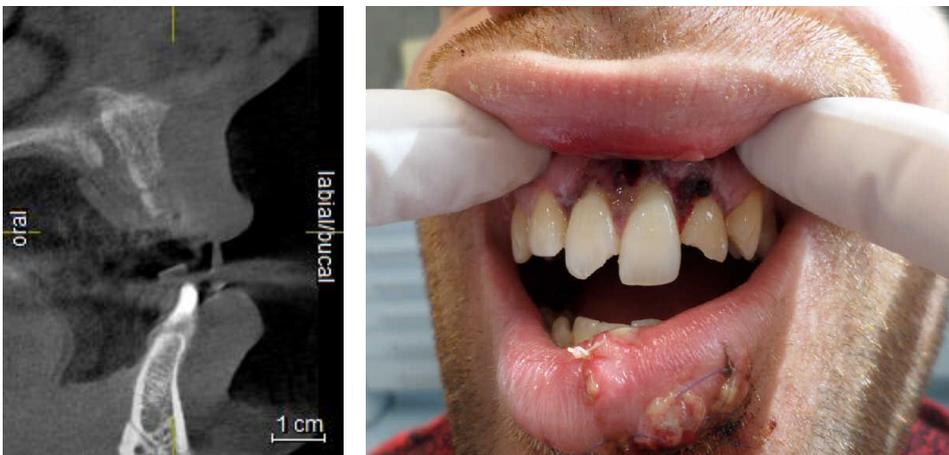


a.



b.

c.



d.

e.



f.

Imagen 30. Fractura dental (11-21) tras síncope vasovagal. a. Estudio tomográfico. b, c, d. Estudio volumétrico cone beam. e. Herida en labio superior e inferior y fractura dental con colocación de los mismos. f. Reconstrucción volumétrica en 3D.

3.- ENDODONCIA

En nuestra experiencia, la radiografía intrabucal ha sido prácticamente siempre suficiente para resolver problemas endodónticos, incluso en los dientes multirradiculares y casos más complejos se pueden solucionar con imágenes obtenidas por radiografías intrabucales a diferentes ángulos .

No obstante, CBCT puede ser de gran ayuda cuando existe una alteración en los conductos radiculares, especialmente en los casos en los que se sospeche alguna variante anatómica, o ante la necesidad de tener que valorar una posible reabsorción radicular o bien para estudiar la evolución posterior en el caso de una complicación por un proceso infeccioso.

CBCT puede tener a veces una gran utilidad, en la valoración de la anatomía de los conductos radiculares cuando se disponga de un escáner con un FOV limitado ya que nos permite identificar con gran exactitud los canales radiculares además de aportar unas mediciones de las angulaciones de las raíces muy precisas. En estos casos CBCT es una técnica que aporta grandes ventajas al diagnóstico de la detección de cambios perirradiculares que la radiografía convencional no clarifica. A pesar de esto, creemos que el uso rutinario de CBCT en la endodoncia no está justificado, como método estándar previo a la intervención.

4.- ORTODONCIA

Nuestra experiencia en este sentido es que CBCT no debe ser una herramienta habitual en ortodoncia, especialmente por el grupo de edad, mayormente niños y personas jóvenes que tienen un mayor riesgo con la radiación del sistema. Esta práctica radiológica ha sido muy discutida pero pensamos que la radiología convencional nos ayuda de forma muy efectiva y con menor efecto iatrogénico.

En muchas ocasiones, a pesar de lo anterior, la radiografía convencional presenta serias limitaciones cuando queremos determinar los niveles de hueso que nos encontramos en la zona bucolingual, así como la pérdida parcial de grosor de hueso interdental.

Los sistemas Cone Beam nos han resuelto estos problemas, ya que sin ninguna duda, se comportan de una forma muy superior, respecto a la radiografía

convencional en el análisis de los defectos periodontales, bucales o linguales, aunque con la salvedad de que en lo que respecta al hueso interproximal se encuentran muy parejos.

El CBCT, permite obtener un diagnóstico más fácil completo y un plan de tratamiento más preciso con posibilidad de individualizar cada caso, entre otras presenta las siguientes ventajas:

Aporta un análisis cefalométrico tridimensional con una gran reproducibilidad tanto intra como inter-observador y permite la determinación volumen, forma y posición de los huesos aportando una información muy valiosa para la colocación y angulación de los microtornillos entre las raíces cuando estos sean necesarios, identificando localizaciones más seguras con una menor dosis de radiación. No olvidemos que CBCT, determina el grosor y la forma del hueso en general y nos permite planificar el procedimiento terapéutico y el seguimiento del mismo (por ejemplo colocación de microimplantes o la expansión maxilar rápida...) aportando información precisa sobre mediciones de los órganos dentarios y en base a la manipulación de la densidad de los tejidos se puede mostrar al paciente la ubicación de los dientes en mal posición y su relación con los demás órganos. Todo ello valorando el inconveniente-muy a tener en cuenta-cuando es la población infantil la subsidiaria de estos tratamientos.

Una ventaja destacable es la posibilidad de construir modelos virtuales de pacientes candidatos a tratamiento ortodóntico; que nos sirve para presentarle al paciente el procedimiento a realizar de forma clara con la posibilidad de explicarle con imágenes más fáciles de comprender.

5.- CARIES Y DESTRUCCION

A nuestro juicio el uso de CBCT no está justificado como estrategia diagnóstica de rutina, quedando limitada su recomendación a casos muy excepcionales, a pesar de que existen algunas controversias, pensamos que las imágenes obtenidas por CBCT aunque aportan mucha más información no están justificadas su empleo para su uso rutinario ya que no existe ningún estudio epidemiológico bien fundado

que haya demostrado una mayor efectividad y eficiencia, de los CBCT frente a la radiografía convencional en lo que a caries se refiere.

Estamos convencidos que la diferencia entre las distintas opiniones recogidas en las diferentes reseñas bibliográficas se explica por el diseño de los diferentes trabajos. Los que se postulan como más favorables, son aquellos que enfocan sus resultados a determinados tipos de caries en los que la CBCT puede ser muy “eficaz” para su diagnóstico y al contrario, cuando los trabajos se orientan de forma comunitaria hacia el diagnóstico del amplio concepto de caries, la “efectividad” de CBCT es similar a la que aporta la radiografía convencional resultando finalmente no aconsejable de forma rutinaria por razones obvias de “eficiencia”, (coste-beneficio) y radiación.

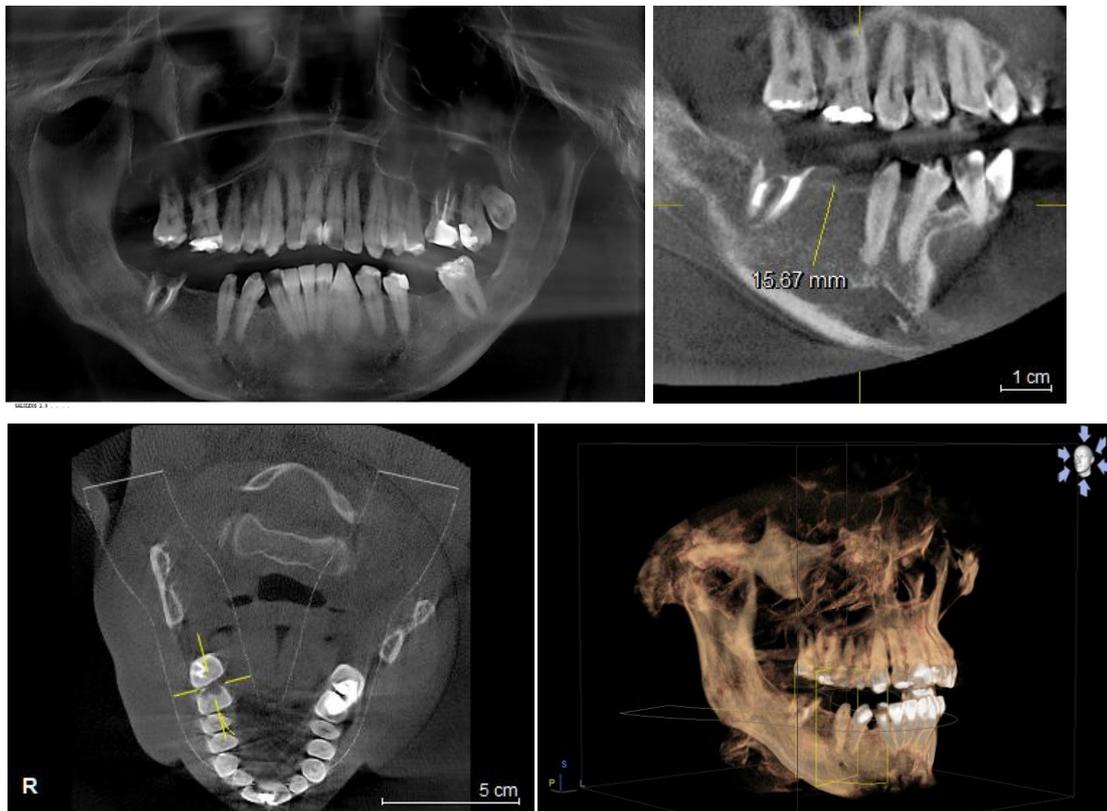


Imagen 31. Estudio tomográfico. CBCT con reconstrucción volumétrica.

Severa destrucción de la pieza dental 16 distal en relación con caries (hallazgo casual). Reconstrucción en 3D. Restos radiculares en pieza 47. Medida desde la base del hueso hasta el límite para la colocación de implante considerando la distancia de seguridad al nervio dentario inferior .

6.- ARTICULACIÓN TEMPOROMAXILAR (ATM)

Evaluar radiográficamente la ATM siempre ha sido difícil por la superposición de estructuras. La tecnología de haz cónico mejora enormemente esto y por lo tanto el diagnóstico de algunas patologías al disponer importantes ventajas:

Nos permite analizar la anatomía condilar sin superposición ni distorsión de la imagen.

-Obtenemos una imagen real 1:1 de las estructuras condilares, lo que nos da una valiosa información para nuestros análisis epidemiológicos.

A pesar de esto, debemos señalar que la técnica de elección para el estudio de la ATM es la resonancia magnética (RM). Es tan sensible que puede registrar leves irregularidades, que podrían significar el inicio de una posible enfermedad degenerativa.

8.2. Objetivo 2º

EXAMINAR Y DESCRIBIR LOS HALLAZGOS CLÍNICOS MÁS FRECUENTES Y/O RELEVANTES DESCONOCIDOS POR EL PACIENTE.

Las pruebas radiológicas aportan gran información y son herramienta muy útil en el apoyo o confirmación del diagnóstico. No obstante en otras ocasiones, nos aporta información no conocida y encontrada de forma casual.

Entendemos por “incidentaloma” una lesión que se descubre por casualidad en una prueba de imagen (ecografía, TC, RM...) durante el estudio de una situación clínica no relacionada .

En muchos casos estos hallazgos casuales o incidentales no son clínicamente significativos, pero en ocasiones permiten resolver el problema detectado de forma precoz, incluso antes de dar sintomatología manifiesta al paciente. De este modo, convertimos esta técnica en una auténtica estrategia de prevención secundaria facilitando el tratamiento precoz del hallazgo, mejorando siempre su pronóstico y por consiguiente su efectividad y su eficiencia.

Hemos seleccionado por consenso, los 10 hallazgos más relevantes que a nuestro juicio representan mayor interés sanitario bien por su frecuencia o por su excepcionalidad y trascendencia clínica.

1.- PATOLOGIA SINUSAL.

Sinusopatía de causa no dentaria

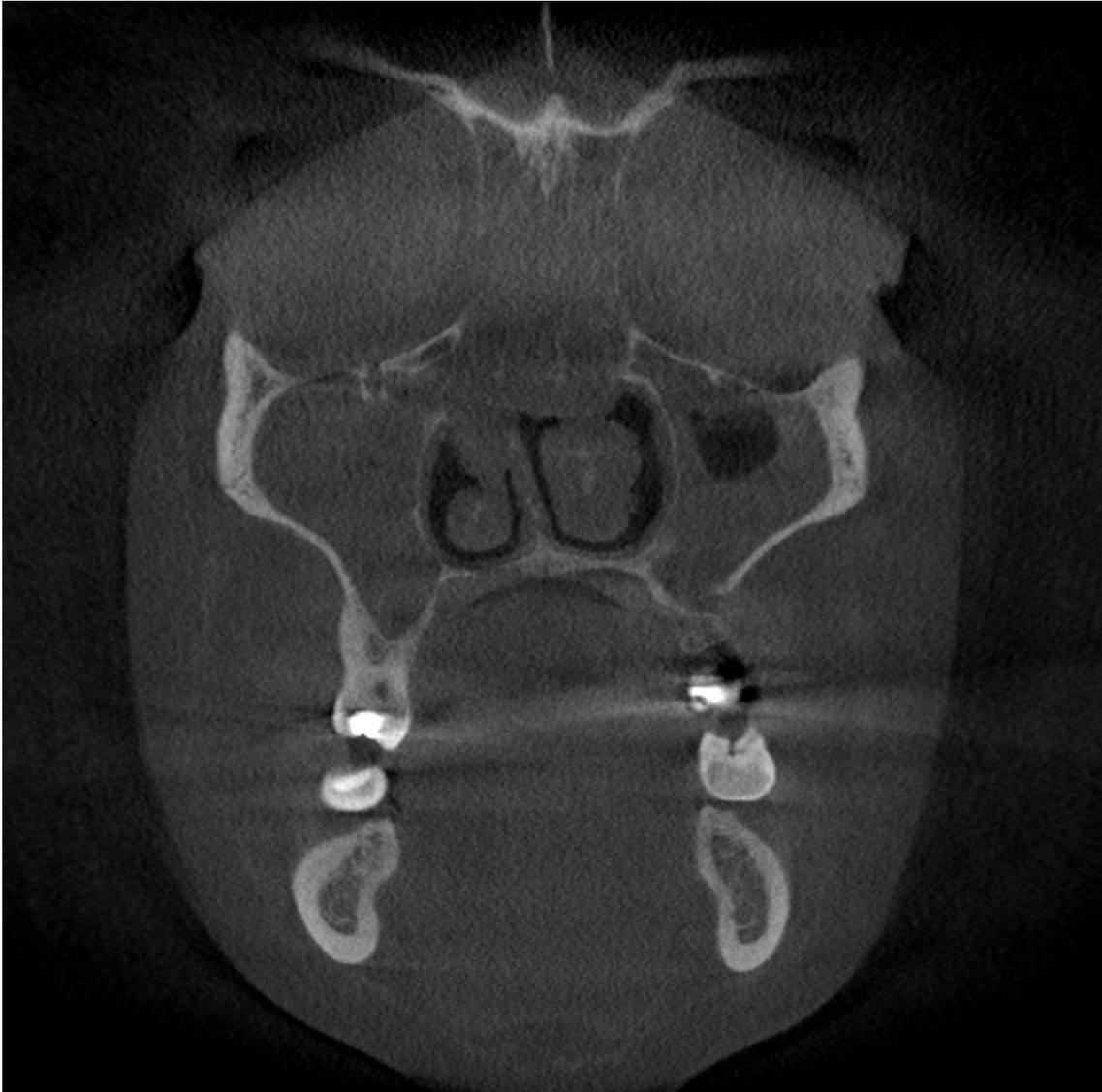
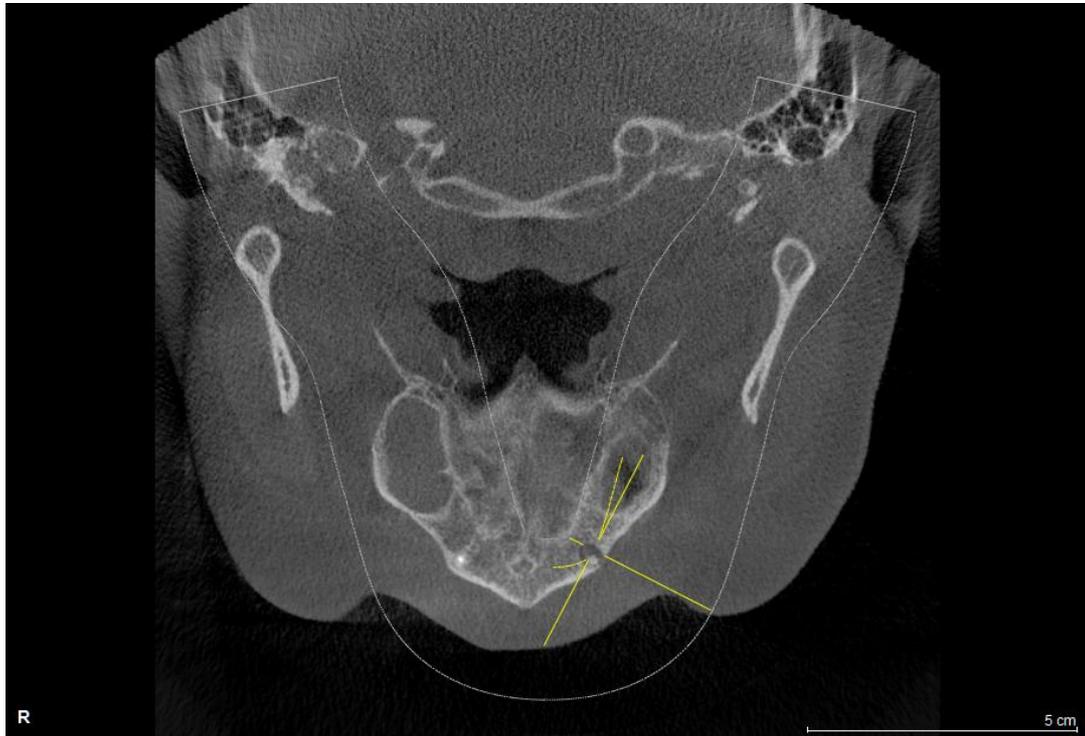


Imagen 32. Plano coronal. Ocupación completa por material densidad partes blandas del seno maxilar derecho e infundíbulo y parcial del seno maxilar izquierdo con reabsorción ósea de cornetes.



a.



b.

Imagen 33 .a y b. Plano coronal y axial. Nivel hidroaéreo con material densidad partes blandas del seno maxilar derecho .

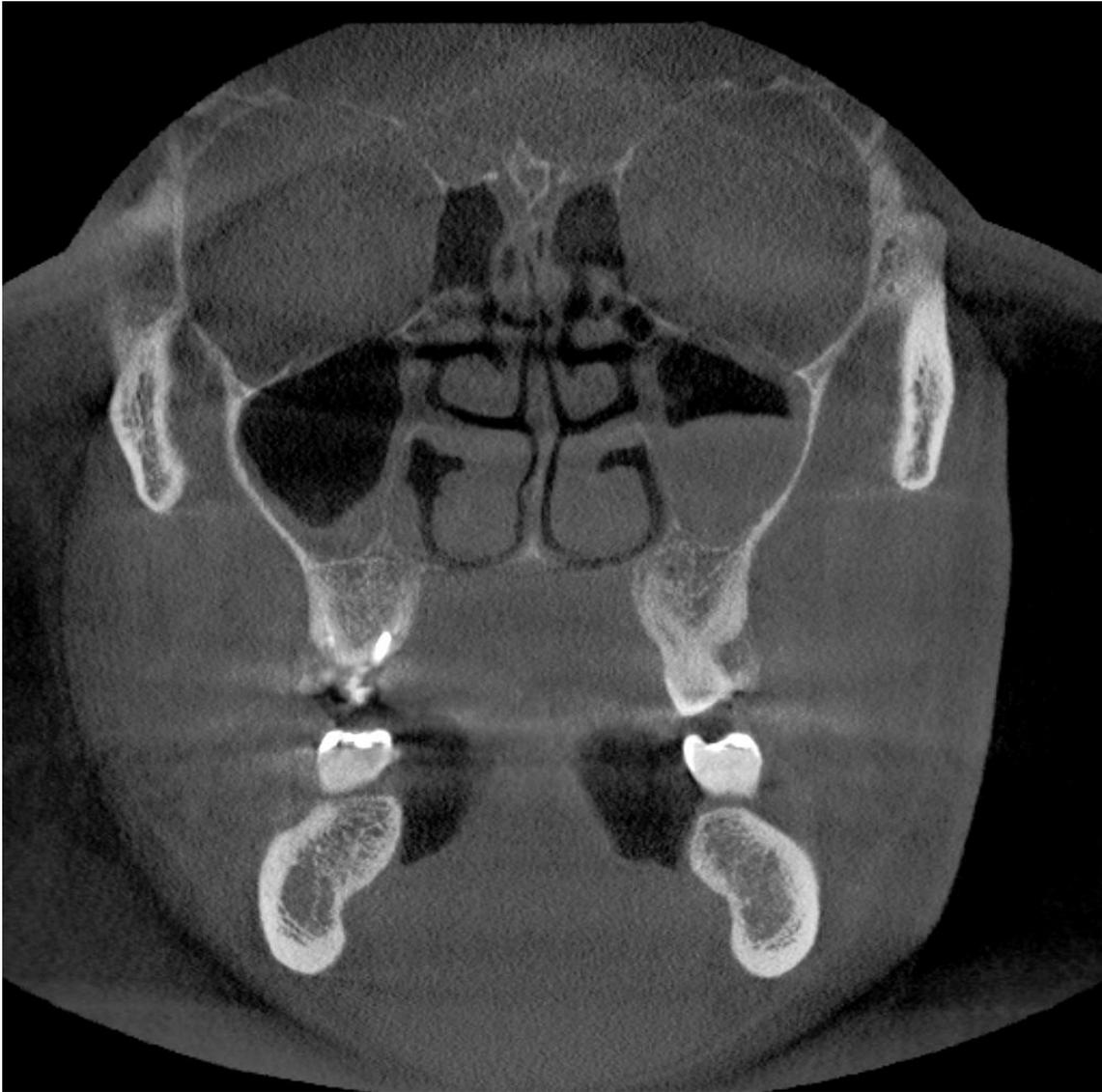


Imagen 34 . Plano coronal. Nivel hidroaéreo en seno maxilar izquierdo.
Engrosamiento de la mucosa de revestimiento del seno maxilar derecho. Hipertrofia mucosa de cornetes. Sinusopatía de origen dentario .

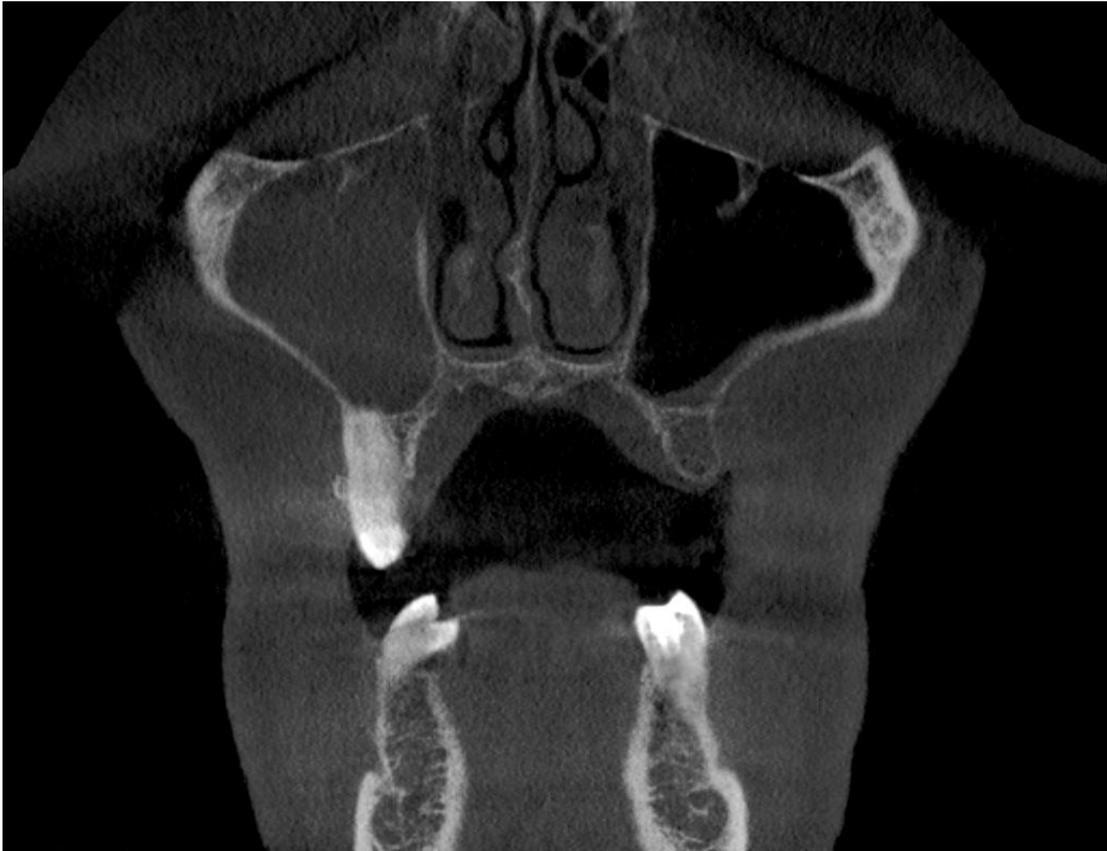
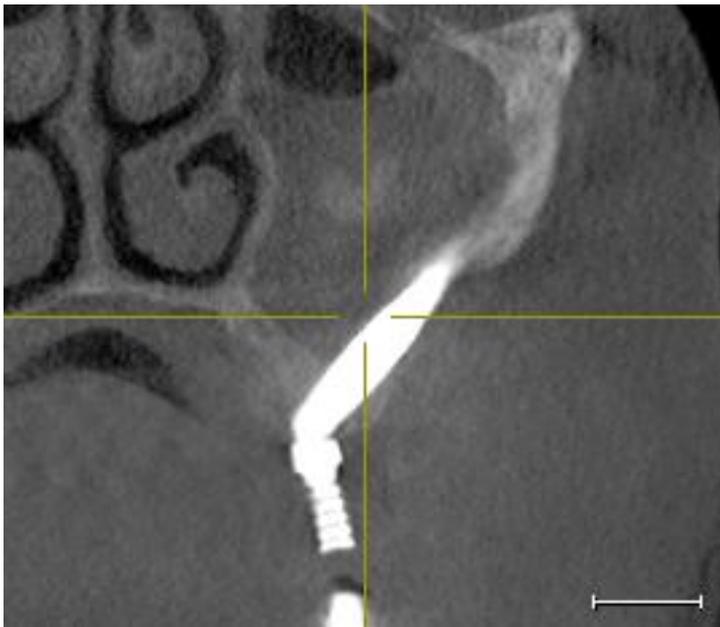


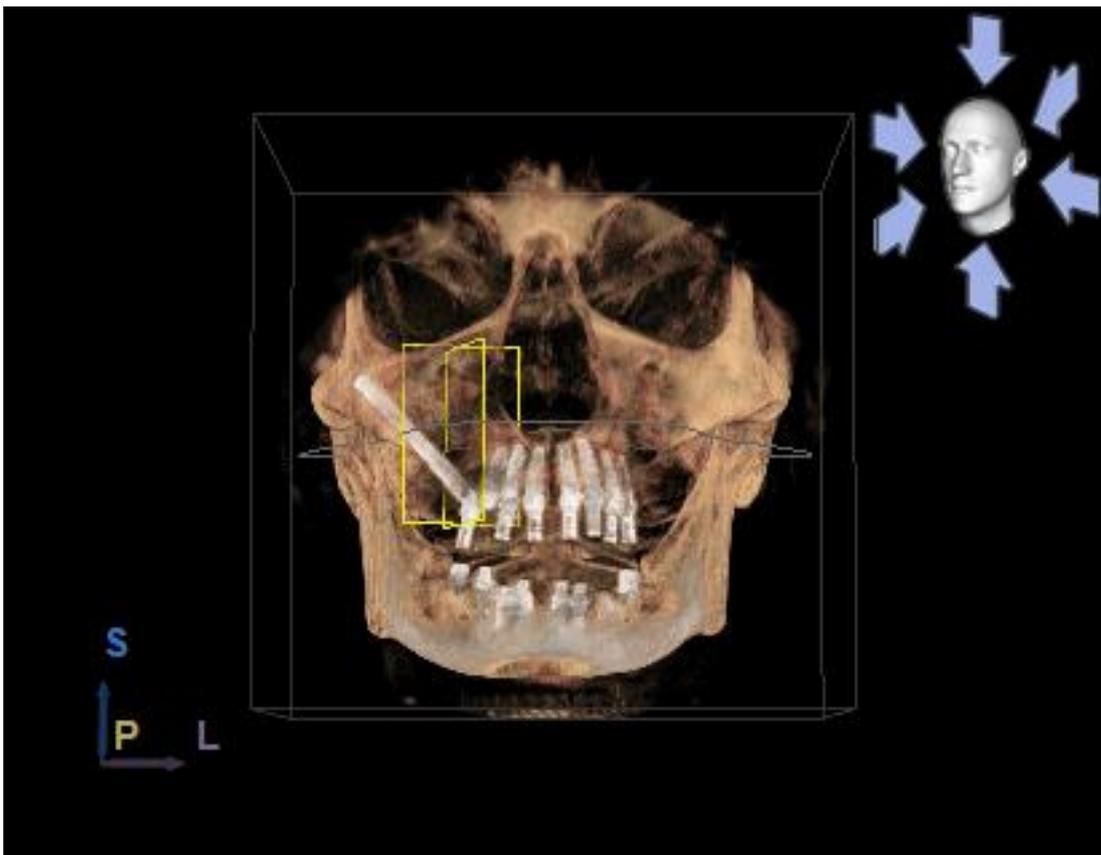
Imagen 35. Ocupación por material densidad partes blandas del seno maxilar derecho.



a.



b.



c.

Imagen 36, a, b, c. Ocupación por material densidad partes blandas del seno maxilar derecho en paciente con implante cigomático.



Imagen 37 .Plano sagital. Imagen polipodea con densidad partes blandas en el seno maxilar en relación con quiste de retención mucoso en paciente con canino incluido.

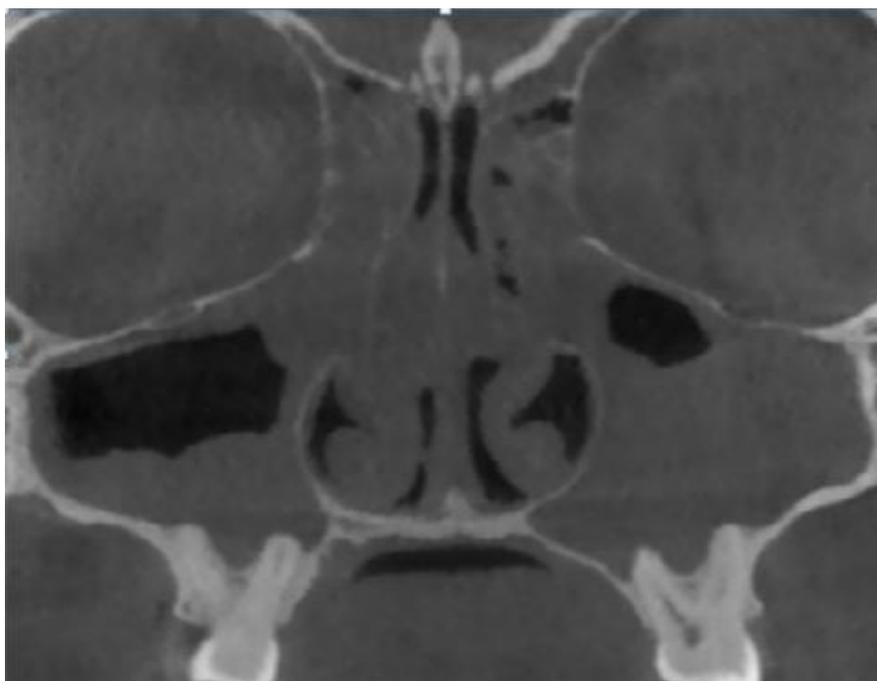


Imagen 38. Engrosamiento polipoideo de celdillas etmoidales y senos maxilares con ocupación de meato medio en probable relación con poliposis nasosinusal.

2.- TUMOR HIPOFISARIO.PROLACTINOMA.

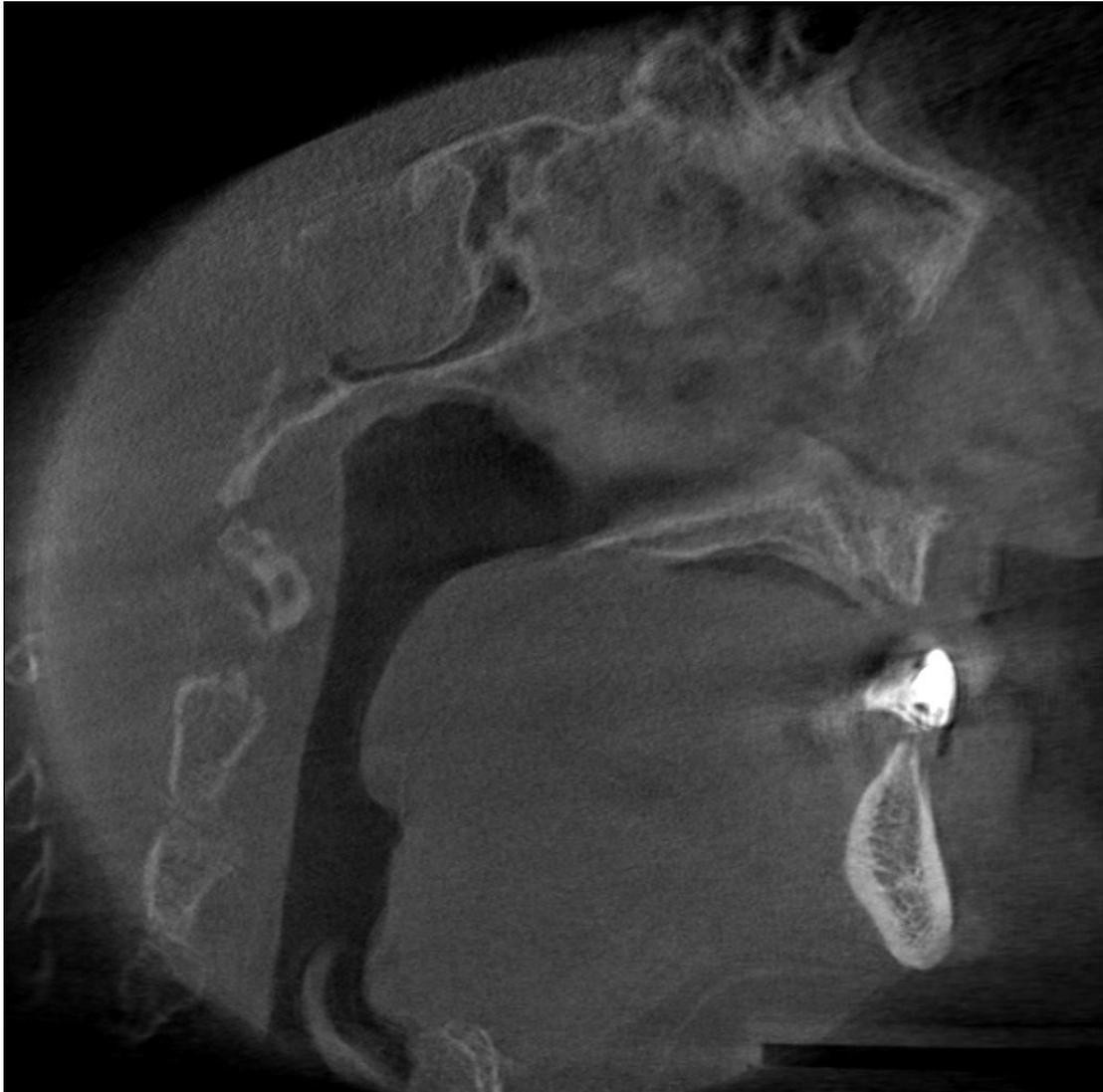
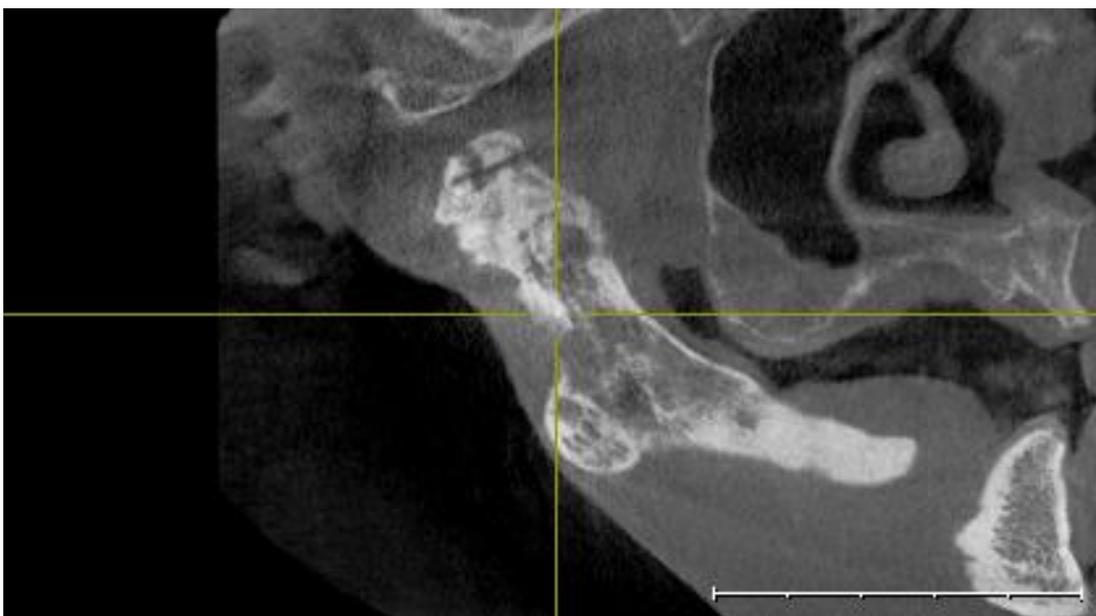
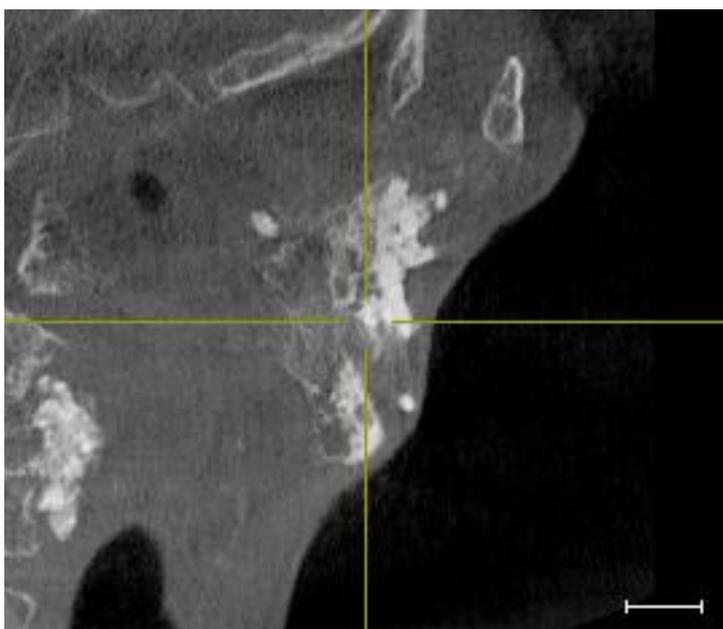


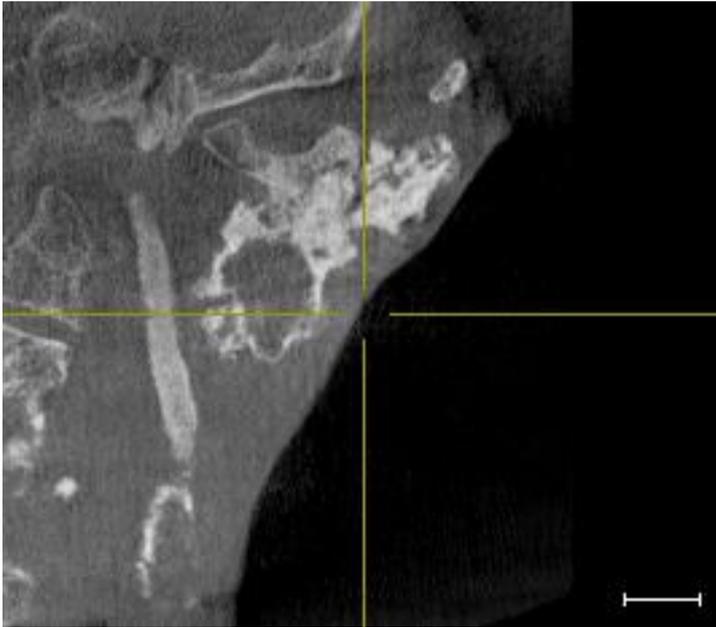
Imagen 39 . Plano sagital. Masa de partes blandas, no calcificada localizada en región hipofisaria con expansión de la silla turca. Se confirmó posteriormente con RM , prolactinoma.



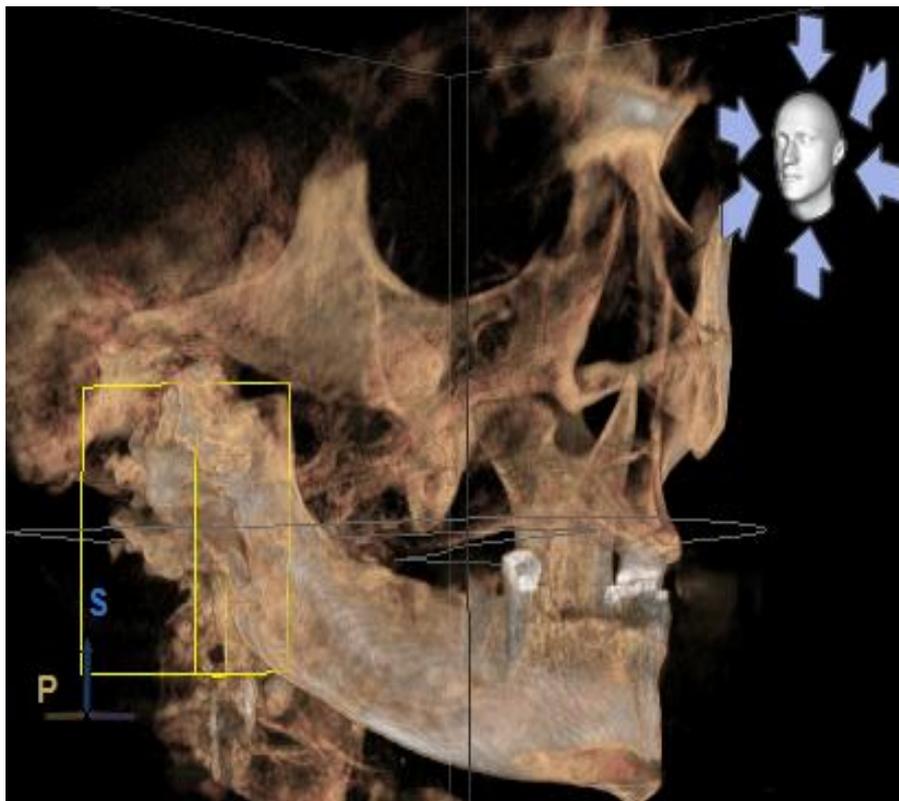
a.



b.



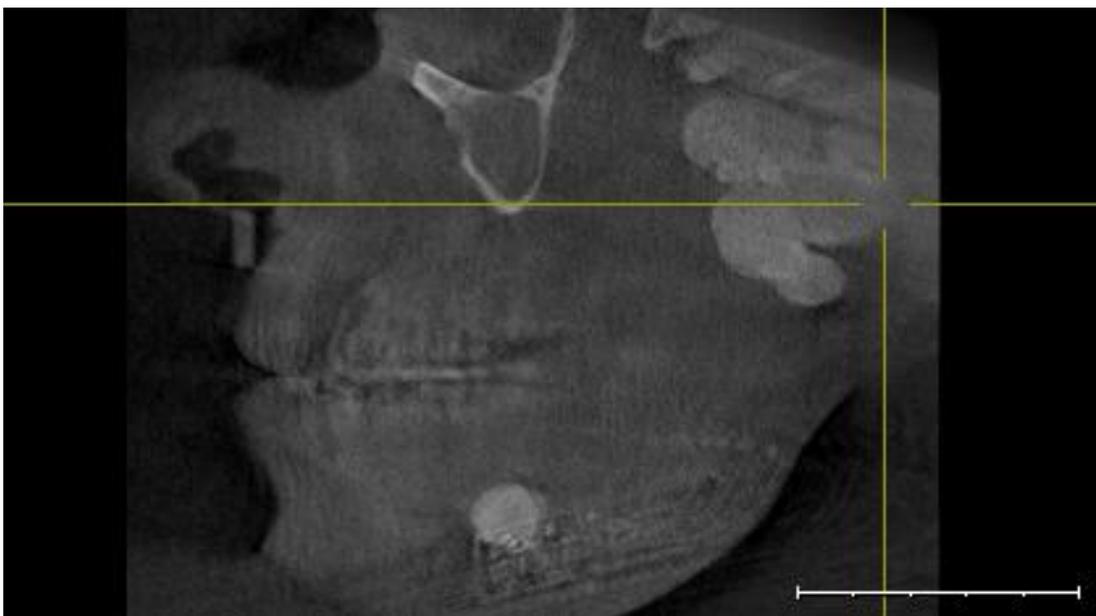
c.



d.

Imagen 40,a , b, c, d. Paciente con antecedente de sarcoma cervical y parotideo tratado con radioterapia en la infancia . Acude para colocación de implantes.

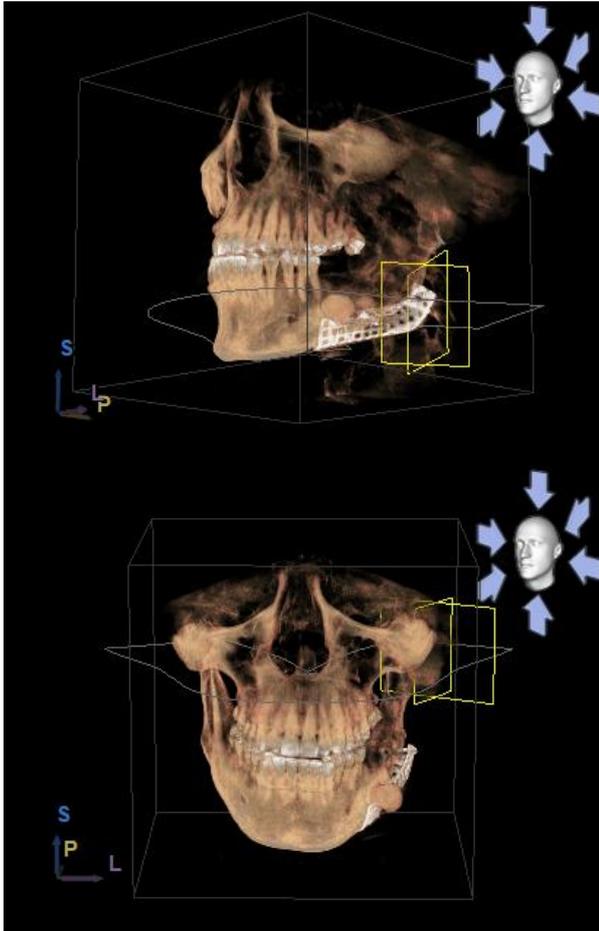
Condensación ósea heterotópica en rama mandibular. Calcificación en carótida.
Anatomía patología: hiperostosis secundaria a radioterapia.



a.



b.



C.

Imagen 41,a, b, c. Paciente con antecedente de osteosarcoma gigante en rama mandibular y cóndilo izquierdo intervenido con injerto óseo compuesto de cadera y costilla. Acude por sensación de movimiento dental. En CBCT se observan dos lesiones óseas exofíticas, lobuladas, de bordes bien delimitados en rama mandibular y próximo a la ATM. Anatomía patológica: Recurrencia de osteosarcoma en el lecho del injerto. Tercer caso descrito en la bibliografía internacional.

3.- RONCADORA. COLAPSO OROFARINGEO.



Imagen 42. Plano sagital. Aumento de partes blandas, a nivel de orofaringe con estenosis retrouvascular que estrecha la luz aérea. (En bipedestación)

4.- CUERPO EXTRAÑO SINUSAL



a. Plano coronal.



b. Reconstrucción volumétrica en 3D.

Imagen 43. a, b. Material de alta densidad, localizado en infundíbulo derecho compatible con restos de cuerpo extraño (perdigón).

5.-CAMBIOS ARTROSICOS EN ARTICULACION TEMPOROMANDIBULAR (ATM)

La primera prueba a realizar para la valoración de ATM sería la radiografía convencional, no obstante la superposición de estructuras en ocasiones pueden dejar dudas sobre el diagnóstico. El " gold estándar " para su correcta valoración sería la RM dinámica (boca- abierta- boca cerrada), con la que podemos valorar pequeños cambios artrosicos o degeneraciones y luxaciones del menisco. La tecnología del haz cónico nos brinda la capacidad de valorar lesiones degenerativas, sin las dificultades de la superposición de la radiografía aunque su uso rutinario para la evaluación de la ATM no está justificado en la actualidad.



Imagen 44. a. Plano coronal. Cambios degenerativos en la articulación ATM , con disminución del espacio articular , esclerosis subcondral y aplanamiento del cóndilo.



Imagen 44 .b . Plano sagital. En la imagen sagital de éste mismo paciente se identifica disminución del calibre de la vía aérea. Paciente probablemente roncador.

6.-RESTOS DE ALMAGAMA DE PLATA

Paciente que acude para valoración de posibles tratamientos. El paciente no aporta informes previos de tratamientos anteriores. Realizamos CBCT identificando restos de exodoncia .

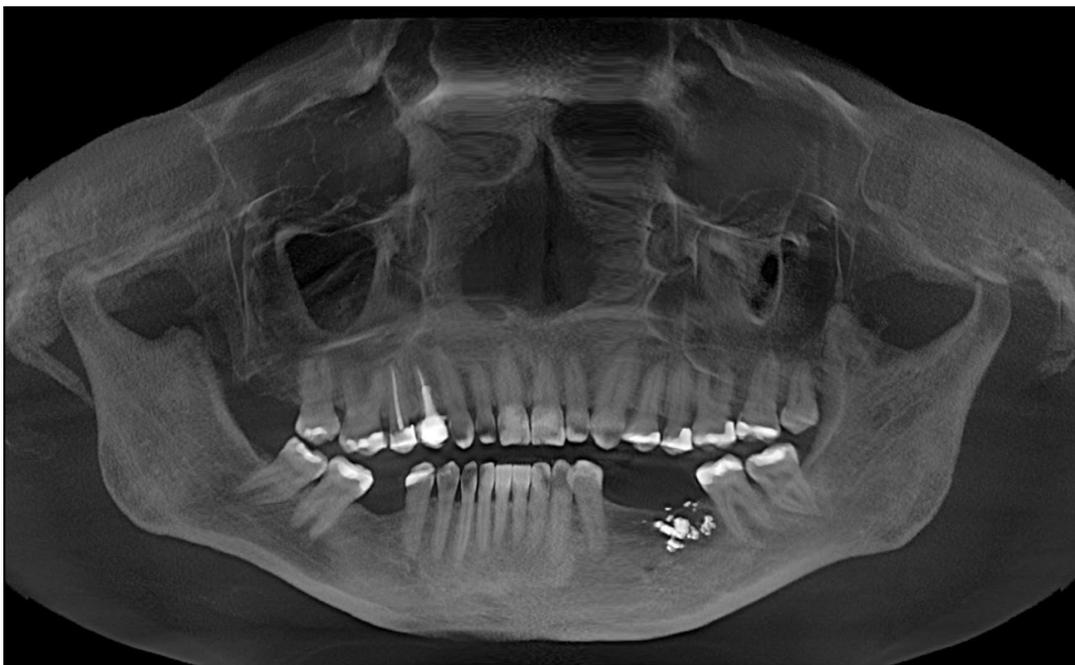


Imagen 45. a. Material de alta densidad a nivel de C3 en relación con restos de amalgama de plata.

7.- SIALODENITIS

Dentro de las desventajas del CBCT, se nos presenta la valoración de las partes blandas. Exponemos un caso clínico de un paciente con cálculos en el conducto salivar de la glándula parótida. En este caso, al ser litiasis calcificadas nos sirve de gran ayuda el CBCT para su diagnóstico. Fue un hallazgo incidental en paciente con dolor resistente a tratamiento.



Imagen 46.a. Plano axial. Litiasis cálcicas en el trayecto del conducto de Stenon de la glándula parótida derecha en relación con sialolitiasis.

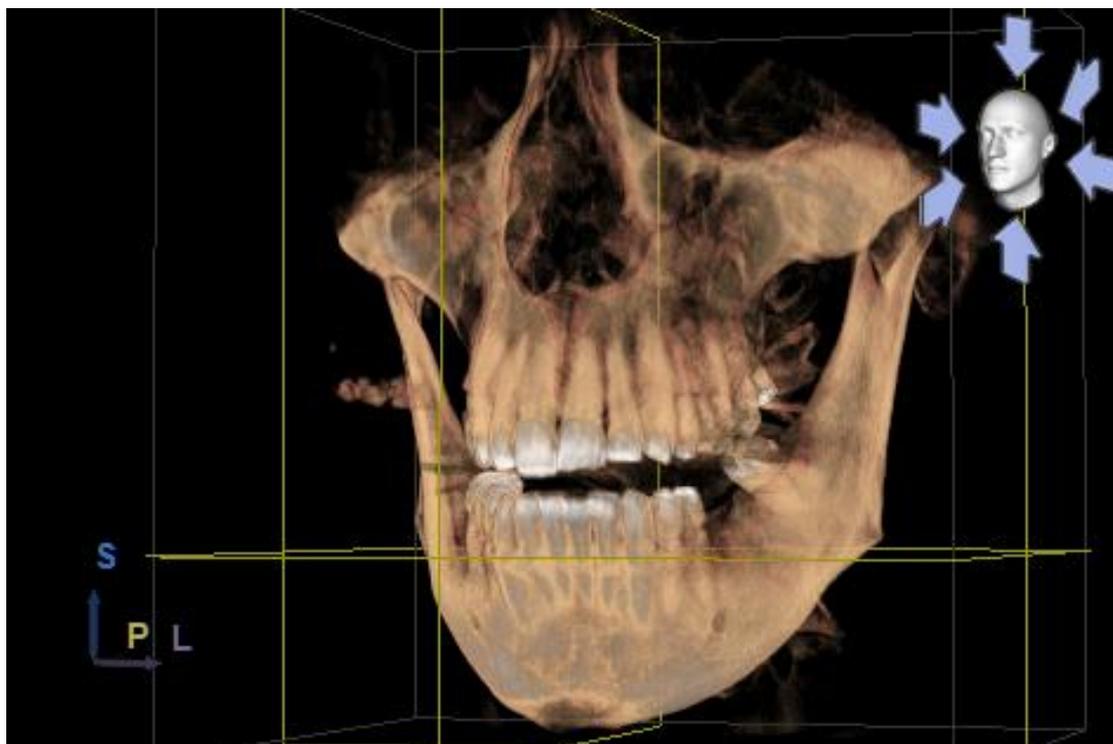


Imagen 46. b. Reconstrucción volumétrica en 3D

Objetivo 3º

8.3. PROPONER UN PROTOCOLO PARA LA OPTIMIZACIÓN DIAGNÓSTICA DE ESTA TÉCNICA EN CLÍNICA ODONTOLÓGICA.

Como se ha visto en el apartado correspondiente al objetivo primero, gran parte de la investigación actual se orienta a evaluar las evidencias científicas para la aplicación correcta de CBCT. Junto a ello, también resulta prioritario, fundamentar unas recomendaciones prácticas para su utilización en una clínica odontológica.

La experiencia de 25 años en la Clínica Cuevas Queipo, nos permite proponer una serie de directrices como fundamento de garantía de calidad y optimización de estrategias. Con ello queremos cumplir dos objetivos que trataremos de sistematizar a continuación.

El primero es abordar los aspectos deontológicos que deben estar presente siempre en cualquiera de nuestras actuaciones sanitarias y en segundo lugar facilitar de una forma sencilla al odontólogo, una sistematización de estudio de las diferentes proyecciones radiológicas y conseguir de este modo una mejor explotación de los hallazgos radiológicos. Además nos proponemos también establecer algunas recomendaciones básicas para el manejo del aparataje insistiendo de forma especial en las cuestiones de seguridad del paciente y del personal.

ASPECTOS DEONTOLÓGICOS.

Una de las quejas más frecuentes de los pacientes en la asistencia sanitaria tiene relación con una supuesta deshumanización de la Medicina. La razón más frecuente suele ser que la excesiva tecnificación diagnóstica y la pérdida de la relación médico paciente.

Estamos convencidos que ninguna tecnología por muy avanzada que nos parezca puede sustituir la necesaria confianza que debe presidir la relación con nuestro paciente. En su actividad profesional, el odontólogo debe transmitir la certeza de que se cuenta con el paciente para decidir si acepta o no, la exploración radiológica que se le propone. Se debe superar cualquier atisbo de paternalismo trasnochado

aunque bien intencionado, en el que el odontólogo procede a indicar una exploración sin la correspondiente conformidad del paciente.

Las actuales directrices deontológicas reconocen al paciente el derecho a ser informado lo que obliga al profesional a prestar al paciente todo el tiempo que éste precise. A veces una información deficiente crea en la población falsas expectativas ya que el paciente puede tener la idea de que la odontología con sus nuevas técnicas, lo puede todo y no están preparados para admitir que se puede fracasar sin que nadie tenga la culpa. Los pacientes tienen por tanto derecho a recibir de forma comprensible toda la información necesaria, suficiente y relevante para tomar la decisión final, especialmente en lo referente a los riesgos, complicaciones y expectativas de curación. Para ello es conveniente disponer en la Clínica algunas imágenes de algún caso parecido al de nuestro paciente sobre el que se pueda explicar de forma objetiva el beneficio de la indicación de la exploración con el CBCT.

Nuestra experiencia nos permite recomendar que se dedique todo el tiempo que sea necesario para explicar las razones técnicas que justifican la recomendación del CBCT, aclarando sus ventajas sobre otras estrategias diagnosticas más conocidas como es la ortopantomografía, la radiografía intrabucal, etc.

Como hemos comentado en el primer objetivo, el odontólogo antes de exponer al paciente a la CBCT, debe revisar toda la información clínica disponible y analizar las imágenes anteriores (si se disponen), asumiendo como principio general, que solo está justificado su realización cuando la radiología convencional no es capaz de aportarnos un diagnóstico certero.

La decisión final- como ocurre siempre en la asistencia sanitaria- es del paciente que nos dará su consentimiento una vez que haya sido informado de forma apropiada como indica el capítulo IV de la Ley 41/2002 (Ley de autonomía del paciente) “El consentimiento será verbal por regla general. Sin embargo, se prestará por escrito en los casos siguientes: intervención quirúrgica, procedimientos diagnósticos y terapéuticos invasores, y, en general, aplicación de procedimientos que suponen riesgo o inconvenientes de notoria y previsible repercusión negativa sobre la salud del paciente”. Nos parece muy acertada la forma en que el Código de Deontología Médica (CDM) (Código de Deontología Médica y Guía de Ética Médica. 2011). En su artículo 12.1 explicita: “El médico respetará el derecho del

paciente decidir libremente, después de recibir la información adecuada, sobre las opciones clínicas disponibles.

Es un deber del médico respetar el derecho del paciente a estar informado. Finalmente el artículo 12.2, del CDM, dice “El médico respetará el rechazo del paciente total o parcial a una prueba diagnóstica o a un tratamiento. Deberá informarle de manera comprensible y precisa de las consecuencias que pueden derivarse de persistir en su negativa, dejando constancia de ello en su historia clínica”.

A nosotros nos parece prudente, reflejar en su historia clínica la aceptación al menos verbal del consentimiento informado, como un elemento más a tener presente.

Al referirnos al ámbito privado de la sanidad, se debe dejar muy claro cualquier conflicto de intereses y evitar toda sombra de mercantilismo. Por ello, es necesario hacer un presupuesto cerrado sobre el precio de la exploración que se propone, explicitando que esa misma técnica o similar se puede hacer fuera de nuestra Clínica con la certeza de que libremente el paciente pueda decidir el lugar que más le interese.

ASPECTOS TÉCNICOS.

Dado que en la mayoría de clínicas dentales no existe la figura de radiólogo al frente del diagnóstico radiológico, es fundamental que el odontólogo adquiera unos principios fundamentales para su correcta interpretación. Por ello dentro de las funciones del odontólogo deben estar las correspondientes al radiodiagnóstico, al ser el responsable del proceso de imagen y de que se cumplan los requisitos de calidad de las distintas pruebas, asumiendo las responsabilidades correspondientes.

2.1. Principios Básicos de Radioprotección:

A nuestro juicio es muy importante que la tomografía volumétrica cone beam se realice por personal cualificado, para evitar artefactos u otras alteraciones que supongan un error en la técnica y repetición de la prueba, lo que acarrea mayor exposición de radiación.

Se aconseja alejarse lo más posible del foco de emisión. Para ello el interruptor de accionamiento debe situarse fuera de la habitación para que el dentista permanezca en un área segura durante la exposición o utilizar pantallas y blindajes de plomo de la sala, puesto que estos atenúan los rayos X.

Si la paciente es una mujer en edad fértil tenemos que asegurarnos que no está embarazada. En caso de duda se suspenderá la prueba hasta su confirmación certera. En caso de estar embarazada y sea imprescindible realizar la prueba radiológica, se le informará de los riesgos y se le pedirá que firme un consentimiento informado (totalmente excepcional ya que no está justificado).

No debemos olvidar la recomendación de retirar material metálico de la zona a explorar que puedan dar artefactos (pendientes, piercing, prótesis móviles, etc.).

Resulta de un gran interés la inspecciones de calidad referentes a la seguridad del sistema.

En el caso particular de la instalación de nuestra Clínica Dental de referencia se realiza anualmente revisión de toda la instalación y se emite la Certificación de los niveles de radiación. Para la Unidad de CBCT los datos del registro del año 2015 son respecto al 2014:

Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR)

Denominación: ASIGMA S.A.

Autorización: CSN/01/UTPR/RXM/MU-001/93

Equipo de medida: CAMARA DE IONIZACION VICTOREEN 450P

Jefe de P.R.: D. ESTEBAN VELASCO HIDALGO

CONTROL DE CALIDAD Y MEDIDA DE NIVELES DE RADIACIÓN

HOJA RESUMEN

Instalación: CUEVAS QUEIPO CLÍNICA DENTAL

Titular: CLÍNICA DENTAL CUEVAS QUEIPO DE LLANO, S.C.

C.I.F.: J-29.502.176

Dirección: C/ ESPECERÍAS, 11 - 1º

Localidad: MÁLAGA C.P: 29005 MÁLAGA

Tfno.:

Nº registro: MA-1463

Actividad: DENTAL EXTRAORAL

Unidad Técnica de protección radiológica:

Denominación: ASIGMA S.A.

Dirección: Avda Venecia nº 21 local E. Urb Los Pinos PL RD STA ANA
CARTAGENA 30319

Tfno.: 968 50 10 00

Autorización: CSN/01/UTPR/RXM/MU-001/93

Jefe de P.R.: D. ESTEBAN VELASCO HIDALGO

Técnico: D. DANIEL CRUZ LIZANA

Fecha de realización del control:

Identificación del equipo de rayos X

SALA DE UBICACIÓN: S8 - TAC DENTAL

SISTEMA GENERADOR TUBO

KILOVOLTAJE (kVp): 85 kVp **INTENSIDAD (mA):** 7 mA **FILTRACION (mmAl):**
2,5 mm

Vigilancia radiológica ambiental

CONTROL DE CALIDAD Y MEDIDA DE NIVELES DE RADIACIÓN

HOJA RESUMEN

952 213 708

27-jun-14

MARCA: SIRONA SIRONA TOSHIBA

MODELO: GALILEOS

Nº SERIE: 7E3745

GALILEOS DF 151R

03045 01339

Limites adyacentes: E S C A L E R A S / A S E O / D E S P A C H O / P A S I L L O

PUNTO DE MEDIDA TASA DE DOSIS DOSIS ESTIMADA LIMITE ANUAL RESUMEN DE RESULTADOS

Protección radiológica

Protecciones disponibles en la instalación Aceptable

Señalización de áreas Aceptable

Vigilancia radiológica ambiental Aceptable

Control de calidad del equipo de rayos X

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

PC001 Tamaño del campo de radiación Aceptable

PC002 Alineamiento tubo - receptor de imagen Aceptable

CALIDAD DEL HAZ

PC003 Exactitud de la tensión Dentro de tolerancia

PC004 Repetibilidad y reproducibilidad de la tensión Dentro de tolerancia

PC005 Filtración. Capa hemirreductora Dentro de tolerancia

TIEMPOS DE EXPOSICIÓN

PC007 Exactitud del tiempo de exposición Dentro de tolerancia

PC008 Repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de exposición Dentro de tolerancia

RENDIMIENTO

PC010 Repetibilidad del rendimiento Dentro de tolerancia

PC011 Variación del rendimiento con la corriente y con la carga Dentro de tolerancia

Calidad de imagen en sistemas digitales

PC012 Calidad de imagen Aceptable

PC013 Artefactos en la imagen Aceptable

Los resultados obtenidos se anotan en el presente informe y se tendrán en cuenta en controles posteriores.

0,0004

2.2. Optimización del funcionamiento del aparato.

2.2.1 En el apartado de Material, describimos algunas de las características técnicas del modelo de CBCT con el que estamos describiendo nuestros resultados. Queremos significar que, con la gran variedad de modelos existentes, resulta muy difícil sistematizar unas recomendaciones generales, que sean útiles en una tecnología extraordinariamente cambiante generadora de modelos muy diversos.



Imagen 47. a.

Imagen 35 . b

Equipos radiológicos GALILEOS.

<http://www.sirona.com/es/productos/sistemas-radiologicos/galileos/>

Donde resume características de nuestro aparato CBCT:

Generador de rayos X; kV y mA 98 3.6

Dosis efectiva (ICRP 2007) 28-154 Sv (Ludlow)

Tiempo de exploración / tiempo de exposición de 14 s / 2-5 s

Resolución 3D: Isotrópico tamaño voxel 0,25 / 0,125 mm

Volumen de imágenes: 15,4 volumen de imágenes esféricas cm

Tiempo de Reconstrucción <4 min

2.2.2 Manejo del software y del programa instalado.

El correcto manejo del software es fundamental para el éxito de la prueba y sacar el máximo rendimiento a las imágenes, de éste modo podemos obtener el estudio a nuestro gusto ya que el programa permite entre otras cosas lo siguiente:

Cambiar la intensidad de escala de grises, también llamado "nivel de ventana". Esto nos aporta posibilidad de variar el contraste en la imagen, lo cual en ocasiones nos facilita la valoración.

Archivo en Historia clínica con sus correspondientes imágenes, de acuerdo a la normativa vigente de confidencialidad y protección de datos

Atenuación: Reducción de la intensidad del haz de rayos al pasar a través de la materia. Es la resultante de todos los tipos de interacción entre la radiación y la materia.

Precisión para medir. La herramienta de la medida es extremadamente importante. Una de las grandes ventajas de la CBCT es la capacidad de comportarse como una herramienta exacta, precisa y repetible tantas veces como necesitemos. También existe la posibilidad de realizar medidas angulares, de especial ayuda en estudios cefalométricos.

Valoraciones en distintas posiciones. Su capacidad volumétrica nos aporta visualizar un punto desde distintas perspectivas y ángulos.

Zoom manual. Nos amplía un área que queramos estudiar. Posibilidad de acercar o alejar la imagen.

Posición manual: Posibilidad de mover la imagen, arrastrándola por la pantalla y colocándola donde nos convenga para centrarnos en un área concreta.

Navegador: Valoración del estudio en modo cine, sin tiempo entre corte y corte.

Guardar imágenes claves. Tras analizar la imágenes y valorarlas, podemos guardar las más representativas o las imágenes "claves" para posteriormente enseñárselas al paciente o revisar el caso clínico de manera rápida sin tener que cargar todo el estudio, o bien para obtener las imágenes más importantes de cara a una publicación, congreso o aportación científica.

Una buena utilización del software permite reconstrucciones de gran utilidad clínica. Se entiende por algoritmo de reconstrucción el procedimiento matemático utilizado para transformar los datos de la radiación ionizante en imágenes. Se usan diferentes algoritmos para acentuar, realzar o atenuar ciertos aspectos de los datos. La reconstrucción en volumen (VR) proporciona la visualización del volumen de estructuras tridimensionales de manera rápida y sencilla. Tras la reconstrucción volumétrica se muestran imágenes 3D que facilita al paciente el entendimiento de las imágenes y al odontólogo su valoración .

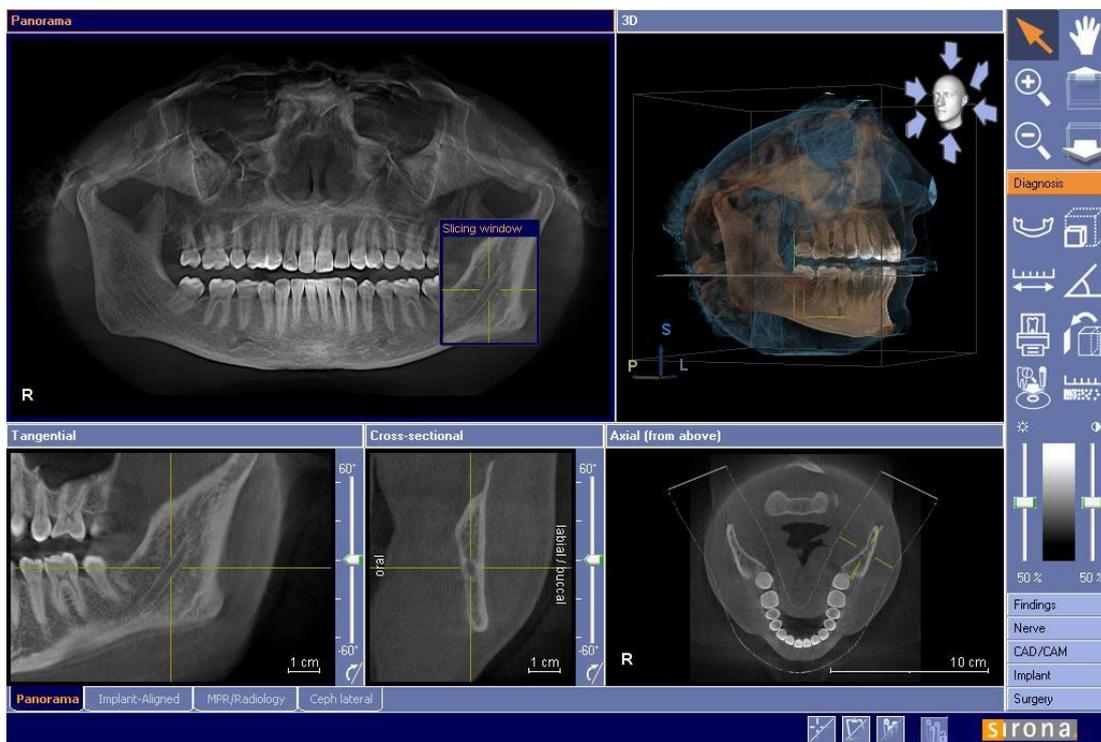


Imagen 48. a. Visor del programa. Opciones de tres planos y en volumen 3 D.

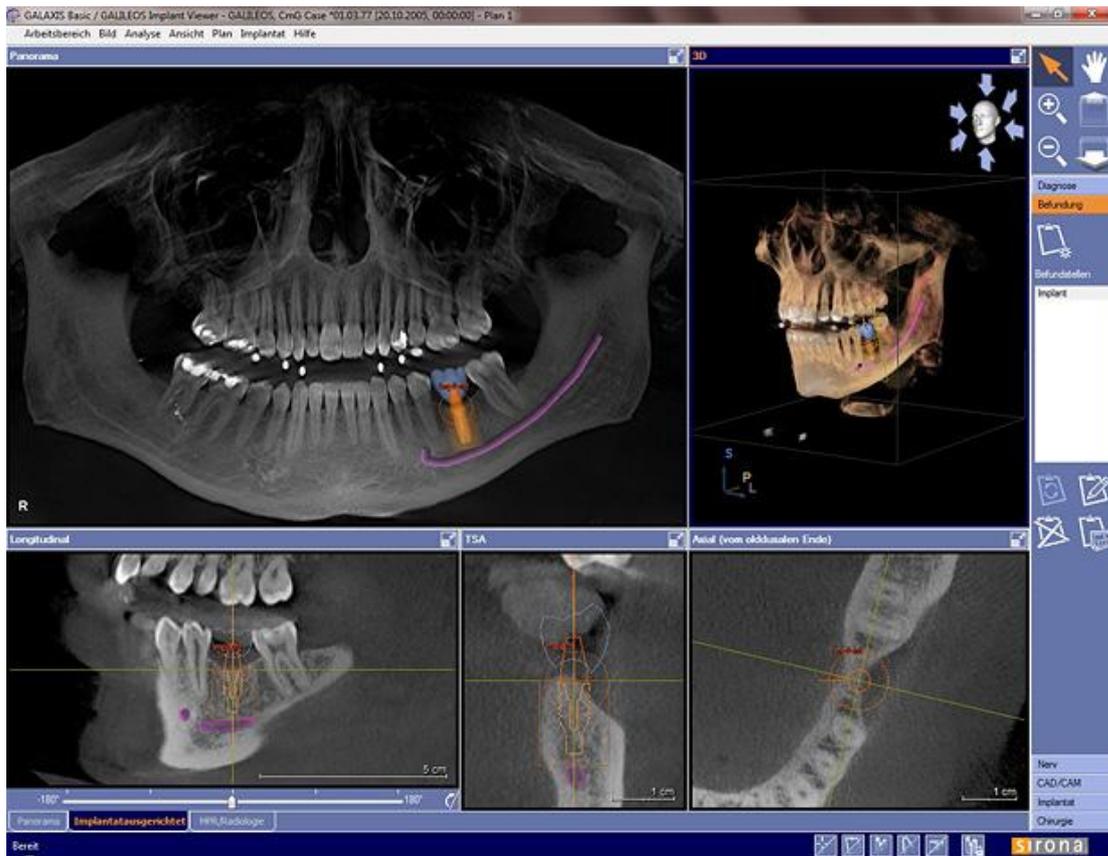


Imagen 48. b. Visor del programa. Opciones de tres planos y en volumen 3 D. Simulación prequirúrgica. Medidas y angulaciones exactas.



Imagen 48 c. Visor del programa. Imagen topografica del estudio.

2.3- Interpretación radiológica

Estamos convencidos que para la optimización diagnóstica de los sistemas CBCT, es necesario que todo el personal facultativo y técnico reciba una formación teórica y práctica adecuada en relación con prácticas radiológicas y las competencias pertinentes en protección radiológica.

Los frecuentes avances técnicos que CBCT presenta, obligan a una formación continuada, especialmente rigurosa para los facultativos que dispongan de aparataje propio en sus Clínicas. Por ello, proponemos que todo el personal responsable se someta a un periodo adicional de entrenamiento teórico y práctico validado por una institución académica, (Sociedades científicas, Universidad, etc.).

En nuestra clínica, la evaluación clínica ("el informe radiológico") de imágenes dentoalveolares CBCT de dientes, con sus estructuras de soporte, el hueso mandibular y maxilar superior hasta el suelo de la nariz lo hace con pericia un dentista debidamente formado en radiología oral, aunque, en nuestra opinión, la evaluación clínica (" el informe radiológico ") de pequeñas áreas de interés que no sean dento-alveolar (por ejemplo el hueso temporal, clivus, vía aérea...) y de todas las imágenes cráneo faciales realizadas con CBCT (áreas de interés que se extiendan más allá de los dientes, sus estructuras de soporte, el hueso mandibular, incluyendo la articulación temporomandibular y hueso maxilar superior hasta el suelo de la nariz), debe ser consultado con un especialista en Radiología que puede servir de consultor puntual. Por ello, nosotros proponemos que exista un radiólogo consultor para resolver cualquier duda de interpretación al que se le pueda hacer una consulta enviándole la imagen "on line".

Para ello lo fundamental es conocer e identificar correctamente la anatomía básica. Como tutorial recomendamos la web: Anatomía Multiplanar Correlacionada- TC Cone Beam . <http://www.marcilan.com/es/anatomy-2/mpr-reformacion-multiplanar/>

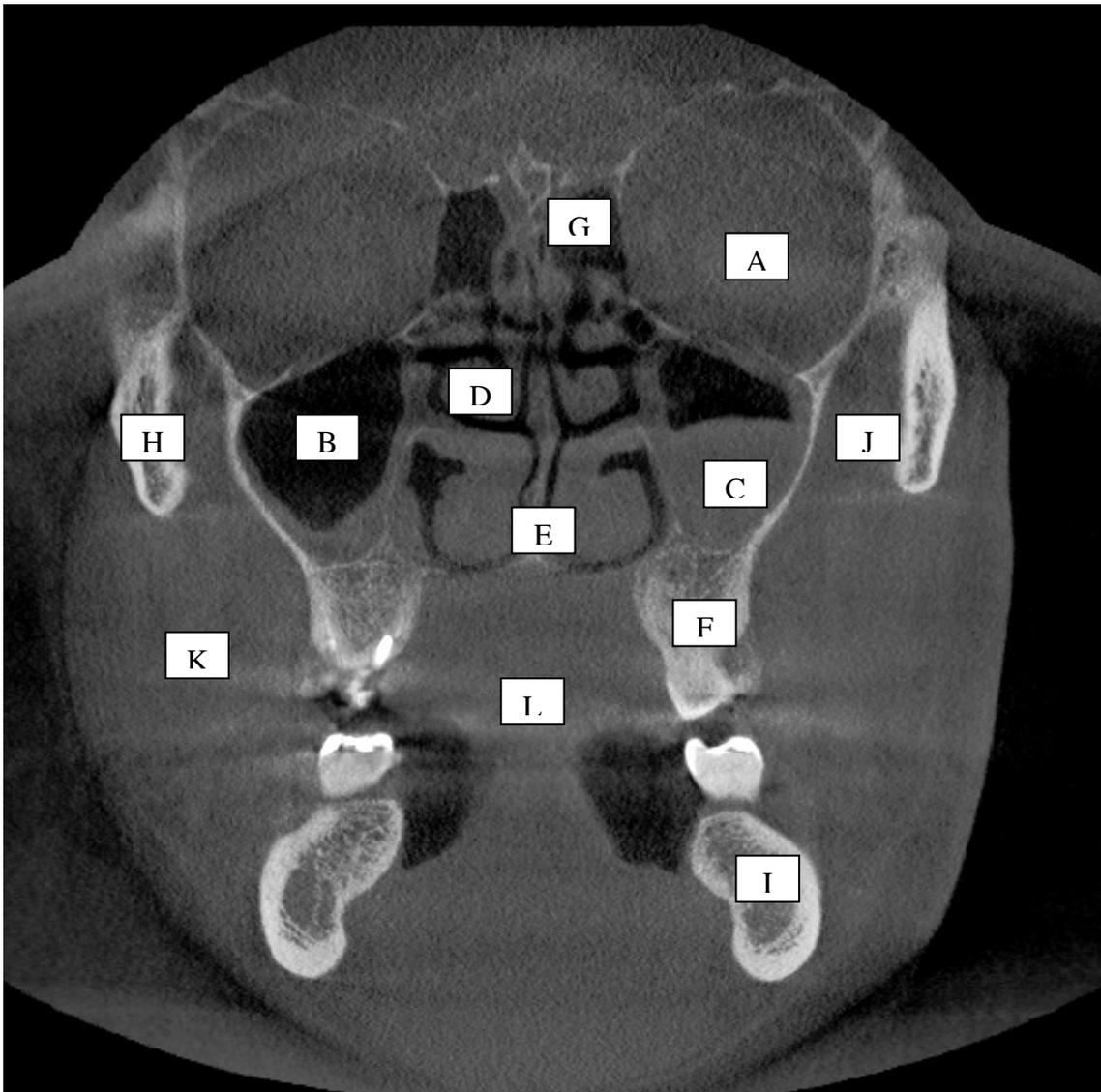


Imagen 49 .Proyección coronal.

A. Orbitas, B. Seno maxilar, C. Ocupación del seno maxilar izquierdo , D. Cornetes, E. Septum nasal, F. Hueso maxilar (apófisis alveolar), G. Celdillas etmoidales, , H. Hueso cigomático. I.Mandibula (cuerpo), J. Músculo temporal, K. Músculo masetero, L. Lengua

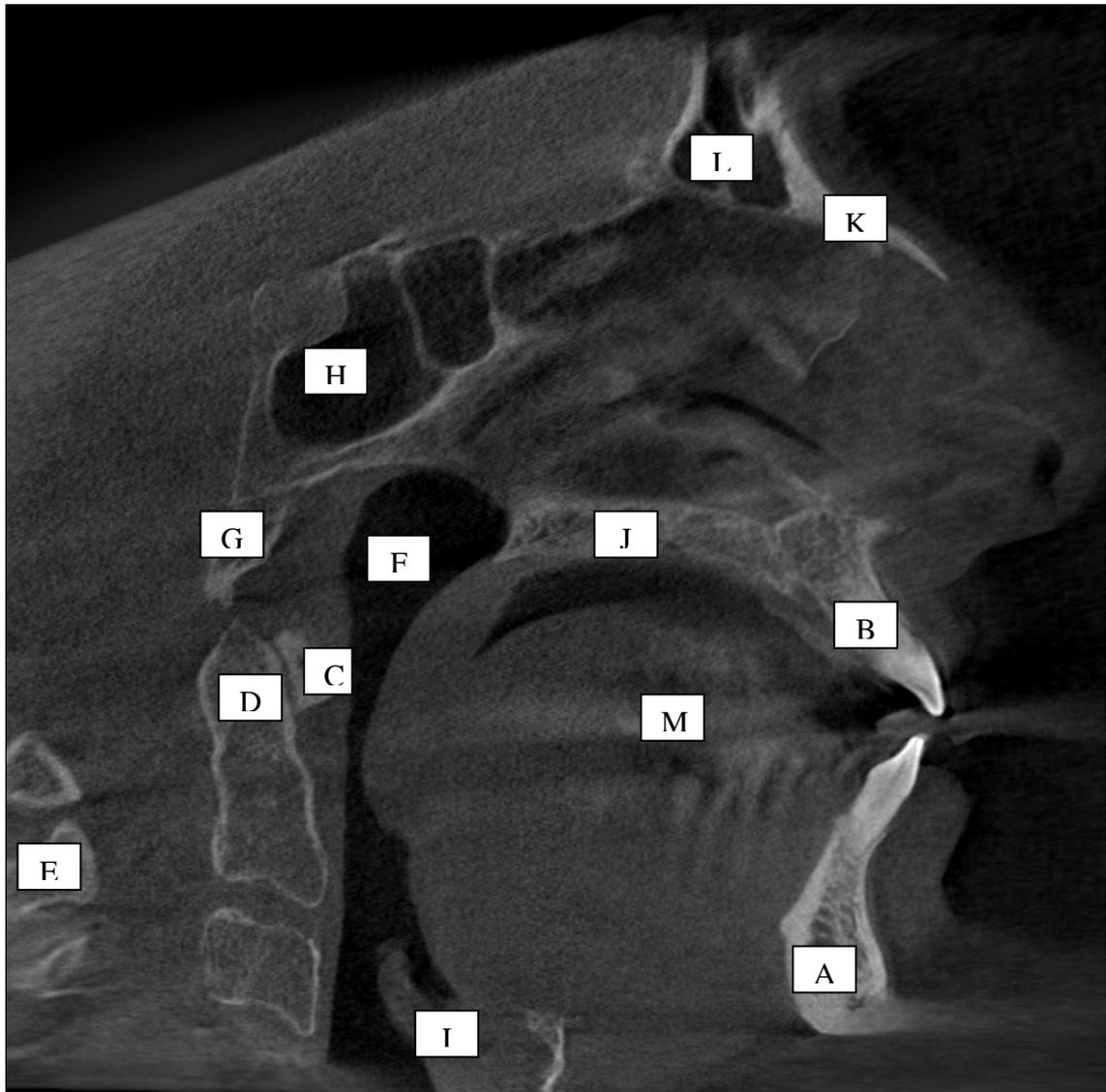


Imagen 50. Proyección sagital.

A. Mandíbula. B. Hueso maxilar. C. Apófisis odontoides. D. Cuerpo vertebral C2.
E. Apófisis espinosa. F. Vía aérea. G. Clivus. H. Seno esfenoidal. I. Valécula
epiglótica. J. Paladar duro. K. Hueso nasal. L. Seno frontal. M. Lengua

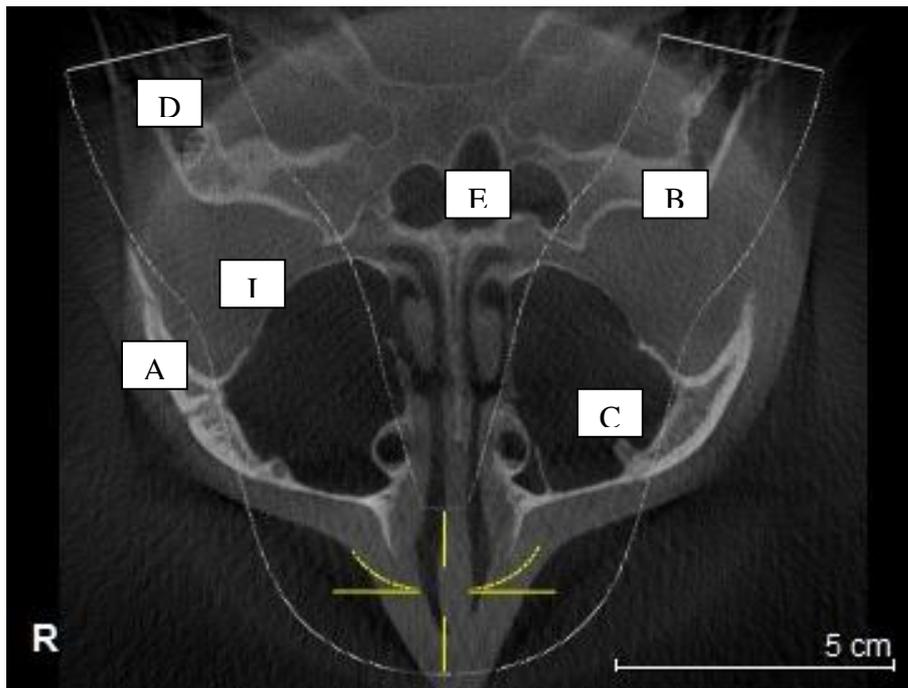


Imagen 51. Proyección axial. A. Hueso cigomático, B. Ala mayor del esfenoides, C. Seno maxilar, D. Celdillas mastoideas, E. Seno esfenoidal. F. Partes blandas (musculatura y grasa).

En relación con el punto anterior , además de la anatomía es necesario valorar los planos de clivaje grasos normales. Esto quiere decir que ante una lesión tumoral, infecciosa o inflamatoria podemos determinar si existe contacto o con invasión con estructuras contiguas.

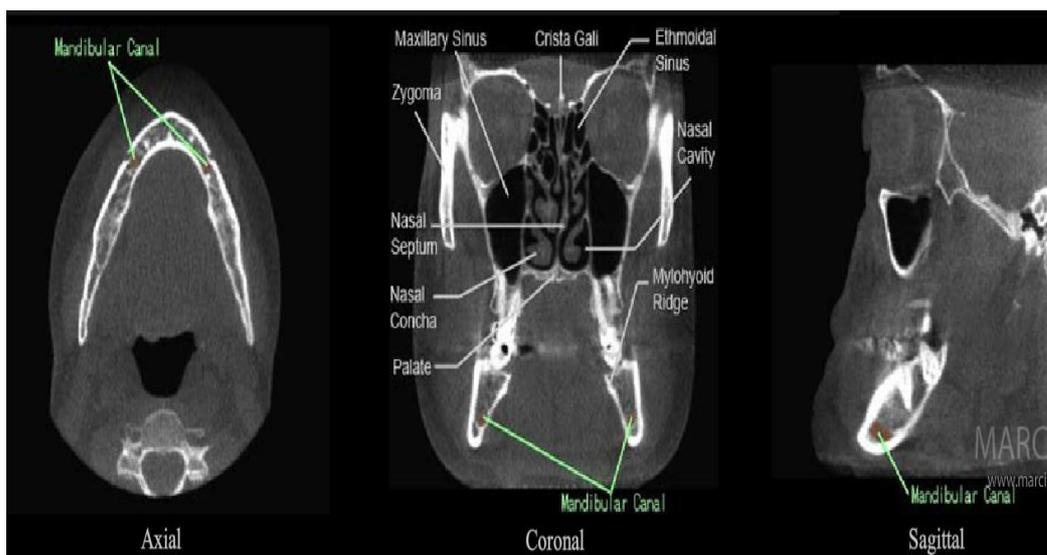


Imagen 51. Tomado de <http://www.marcilan.com/es/anatomy-2/mpr-reformacion-multiplanar/>

DISCUSIÓN



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

9.1 DISCUSIÓN AL PRIMER OBJETIVO

Como se ha comentado en la primera parte de esta tesis, en 1998 Mozzo et al, fruto de la búsqueda de nuevas técnicas, buscando una alternativa a la TC, introdujeron los sistemas CBCT aportando imágenes de excelente calidad para los elementos óseos, con menores dosis de exposición para el paciente y menores costes. (Miles A.2008)

Estamos de acuerdo tal como preconizan algunos autores (Lenguas, A.L, 2010.) que el CBCT es:

1. Es la prueba diagnóstica más prometedora en el campo de la odontología.
2. Proporciona, en un solo disparo, de entre 10-20 segundos (en nuestro aparato 14 sg), todas las imágenes radiográficas necesarias para el odontólogo o el cirujano maxilofacial, con buena resolución en 3D. Además, como el estudio es escala 1:1 y tiene una definición absoluta podemos realizar mediciones exactas de cara al tratamiento.
3. Con una exploración se pueden obtener todos los datos necesarios para un odontólogo que se obtenían de rutina por ortopantomografías, telerradiografías lateral y frontal de cráneo (aunque CBCT no sustituye siempre a dichas pruebas sino que complementa en los casos necesarios).
4. Se pueden adquirir otras imágenes que se obtenían en exploraciones periapicales, telerradiografías basales de cráneo o imágenes de vías aéreas.
5. Puesto que adquiere todo el volumen y las imágenes son obtenidas en el post-procesado, podemos disminuir los artefactos producidos por los movimientos involuntarios (respiración) o la mala posición del paciente durante la exploración.
6. Es posible planificar el protocolo de adquisición, según la edad (con menor FOV en el casos de los más jóvenes) o según la lesión a estudiar (centrando el estudio en la zona concreta que nos interese), y así disminuir aún más las dosis.
7. La radiología convencional aporta información muy útil y es necesaria en la mayoría de procedimientos odontológico. Los sistemas CBCT no sustituye en la generalidad de los casos a la radiografía convencional.

8. La tomografía cone beam está abriendo cada vez más su campo y en la actualidad se utiliza fundamentalmente en Odontología y Cirugía maxilofacial así como poco a poco se abren otros caminos hacia la Otorrinolaringología y Neumología.

En este capítulo de Discusión nos proponemos revisar y discutir cuales son las patologías más subsidiarias del uso de CBCT, argumentando sus ventajas , inconvenientes y limitaciones. Con esta fundamentación se pueden elaborar protocolos donde la evidencia científica garantice su utilidad y a la vez, permitan en sentido contrario, restringir su uso únicamente en los casos que esté indicado su empleo.

Tal como se indicó en la metodología, como estrategia de comparación con nuestro resultados vamos a utilizar la Guía más aceptada por la comunidad científica (Evidences Based Guidlines. A report prepared by the sedentext project. 2011).

El Panel de Expertos propone que como en toda exposición a los rayos X, la aplicación de CBCT entraña riesgos para el paciente. Es esencial que cualquier examen de rayos X demuestre un beneficio neto potencial para el mismo, sopesando los potenciales beneficios diagnósticos globales que produce contra el perjuicio individual que puede causar.

Por todo lo anterior, se debe tener siempre en cuenta la eficacia, los beneficios y el riesgo de las técnicas alternativas disponibles que tengan el mismo fin, pero que impliquen una exposición a los rayos X menor (o inexistente), hasta el punto de que el la justificación de la técnica ha de constar en la historia clínica del paciente.

A fin de poder llevar a cabo el proceso de justificación, es esencial que la elección de CBCT para la radiología dental se base en la historia clínica de cada paciente y en un examen clínico. El uso "rutinario" de la CBCT para la radiología dental en pacientes, basándose en un enfoque generalista en lugar de en la prescripción individual, es inaceptable. Un examen "rutinario" (o "de evaluación") se define como uno en el que se realiza una radiografía, independientemente de la presencia o ausencia de signos y síntomas clínicos.

El panel de expertos recomienda (ED BP) que todos los exámenes llevados a cabo con la CBCT han de justificarse de forma individual, demostrando que los beneficios potenciales superan los riesgos. Los exámenes llevados a cabo con la CBCT deben aportar potencialmente nueva información que ayude en la gestión de la asistencia al paciente. Es imprescindible que conste el proceso de justificación para cada paciente en su historia clínica.

1º.- SU UTILIDAD EN LESIONES DEL PERIODONTO

La literatura científica sobre los usos periodontales de la CBCT es parca y el Panel de expertos identificó solo dos estudios in vitro apropiados para la revisión sistemática de la precisión diagnóstica, utilizando el análisis ROC (Mol y Balasundaram 2008.) demostraron que un sistema CBCT era superior a las radiografías intrabucales convencionales para el diagnóstico de la presencia de pérdida ósea periodontal en materia esquelética seca. (Noujeim et al. 2009), crearon cavidades óseas interradiculares en mandíbulas y observaron que un sistema CBCT era más preciso en la detección de éstas que la radiografía convencional.

Los escáneres CBCT de volumen limitado pueden proporcionar una imagen precisa de los defectos óseos periodontales con una buena precisión dimensional en estudios de laboratorio (Mol y Balasundaram, 2008), pero el estudio posterior demostró un rendimiento menos impresionante para la CBCT en las regiones anteriores. Es interesante señalar, no obstante, que en un estudio no se observó diferencias significativas en las mediciones lineales entre el sondeo óseo, la radiografía convencional y la CBCT (Misch et al., 2006), aunque no se podían realizar mediciones bucolinguales con la radiografía. Esta ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre las imágenes convencionales y las de la CBCT se observó también en otro estudio de laboratorio (Vandenberghe et al., 2007). En un importante estudio ex vivo, sin embargo, la precisión de medición de la CBCT fue significativamente mayor que la de la radiografía intrabucal cuando se utilizaban imágenes transversales, pero no así cuando se utilizaba una reconstrucción panorámica (Vandenberghe et al., 2008). El mismo estudio demostró que la CBCT era superior a la radiografía intrabucal para las imágenes de defectos como cráteres óseos y lesiones de furcación, reflejando así las opiniones de informes de

casos y revisiones no sistemáticas (Naitoh, 2006). No obstante, la orientación general de la serie de casos en la literatura sugiere que la CBCT podría desempeñar un papel en la gestión de defectos periodontales complejos para los que la cirugía sea una opción de tratamiento.

El diagnóstico de la enfermedad inflamatoria periapical es una tarea habitual e importante para los dentistas. Un número de informes de casos y revisiones no sistemáticas han puesto en relieve el valor de la CBCT para la identificación de lesiones periapicales en determinados casos (Nakata et al., 2006; Cotton et al., 2007; Patel et al., 2007).

Un estudio reciente ha demostrado que CBCT identificaba más y mayores defectos óseos periapicales, después de la apicectomía, que la radiografía convencional (Christiansen et al., 2009). Özen et al., (2009) detectaron una mayor consonancia entre las puntuaciones de los evaluadores a lo hora de evaluar lesiones periapicales artificiales con la CBCT, frente a las imágenes convencionales. La evidencia actual sugiere que la CBCT de alta resolución puede tener una mayor sensibilidad para la detección de lesiones periapicales que la radiografía convencional. Lofthag-Hansen et al. (2007) comparó la prevalencia de periodontitis apical mediante radiografía periapical convencional y CBCT. Ellos encontraron que la tomografía de haz de cono detectó lesiones periapicales en el 62% más que las radiografías convencionales. Estos resultados fueron corroborados posteriormente en estudios similares con muestras mucho más grandes.

Aunque Simon et al. (2006) sugirieron que "la CBCT puede proporcionar un diagnóstico más preciso que la biopsia o histología", un análisis de sus resultados por parte del Panel indicó que la CBCT tenía una alta sensibilidad para el diagnóstico de quistes, pero una especificidad limitada (es decir, un sobrediagnóstico de quistes).

El Panel de expertos, ratifica que en la práctica, los signos y síntomas clínicos son fundamentales para el diagnóstico y la evidencia radiológica no siempre reviste una gran importancia. Además, el coste económico relativamente alto de la CBCT, frente al de la radiografía intrabucal, no debe pasarse por alto. Como consecuencia, el Panel concluyó que no era apropiado recomendar la CBCT como método estándar para el diagnóstico de la enfermedad inflamatoria periapical.

El panel de experto concluye que:

- 1.- El uso de escáneres CBCT de volumen limitado y alta resolución puede estar indicado en determinados casos de defectos infraóseos y lesiones de furcación, cuando los exámenes radiográficos clínicos y convencionales no proporcionan la información necesaria para la gestión. (C).
- 2.- CBCT no está indicada como método estándar para la identificación de la patología periapical. (GP).
3. Cuando las imágenes de CBCT incluyen los dientes, se debe tener cuidado de comprobar la presencia de la enfermedad periapical a la hora de realizar una evaluación clínica o redactar un informe clínico. (GP).

2º.- CIRUGIA Y TRAUMATOLOGIA BUCO-MAXILO-FACIAL

Los estudios 3D que nos revelan que los sistemas CBCT nos otorgan un mejor análisis del complejo anatómico buco-maxilo-facial, sus imágenes nos presentan la anatomía oral y maxilofacial desde cualquier ángulo y perspectiva. Es de gran utilidad en pacientes con alteraciones maxilofaciales como por ejemplo en traumatismos, alteraciones del crecimiento o la presencia de neoplasias, con lo que se puede establecer un diagnóstico más preciso y emplear esto en elaborar un plan preventivo en otros casos quirúrgico que nos ayude a mejorar o establecer un seguimiento a nuestro paciente.

Como ya hemos ido desarrollando, la CBCT han demostrado su mayor eficacia frente a la radiografía convencional en varios campos. El poder disponer de secuencias de imágenes para analizar nuestros casos y la posibilidad de obtener directamente imágenes multiplanares son ventajas a tener muy en cuenta. Un ejemplo especialmente paradigmático es la evaluación de injerto de hueso alveolar en pacientes con hendidura palatina, con CBCT se obtiene una mejor visión de la cantidad de hueso en la zona del injerto en pacientes operados de hendidura labio-palatina por lo que se recomienda como primera opción para su estudio. (Lenguas, al. 2010).

Fracturas dentales

Los sistemas CBCT son de gran efectividad en la identificación de fracturas dentales con relación a los alrededores del hueso alveolar, en la determinación de localización de la fractura alveolar y la morfología, en el análisis de altura y anchura, y en la valoración de la articulación temporomandibular. La aplicación de un tratamiento bien diseñado incluye la posible extracción dentaria, la colocación de implantes, la exposición de dientes retenidos y el análisis de las vías respiratorias. (Palomo L. 2009). En la detección de fracturas radiculares verticales inducidas experimentalmente también mostró una sensibilidad mayor del doble que las radiografías periapicales (79,4% vs 37,1%) con una especificidad parecida aunque ligeramente menor (92,5% vs 95%) que era afectada por el material de relleno de los conductos radiculares. (Lenguas, A.L.2010)

El traumatismo dental es una situación bastante común a la que los dentistas tienen que enfrentarse en la práctica clínica. Las aplicaciones de CBCT en dichas situaciones, están bien documentadas en numerosas publicaciones con diferentes aplicaciones como es el caso de las fracturas radiculares (Patel y Dawood, 2007), las lesiones de luxación, (Terakado et al., 2000) la avulsión, o el caso de la resorción radicular como complicación post-trauma (Cotton et al., 2007).

En la práctica, los pacientes con una supuesta fractura radicular pueden dividirse en dos categorías. En primer lugar se encuentran aquéllos, a menudo niños, que presentan un trauma agudo en los dientes anteriores. En segundo lugar hay pacientes cuyos dientes pueden haberse fracturado debido a las prioridades de tratamiento. En tal caso, parece razonable limitar el examen radiológico a las radiografías sencillas y el uso de la CBCT más adelante si las radiografías convencionales aportan una información inadecuada para la gestión del paciente. En el segundo grupo, el peso de la evidencia sugiere que los rellenos radiculares y postes limitan la precisión diagnóstica. Desde luego, en algunos de estos casos se puede realizar el diagnóstico y evaluar el pronóstico, solo en base a las pruebas obtenidas del examen, por lo que puede que realizar otras pruebas complementarias no siempre esté indicado. En otros casos, la radiografía convencional puede proporcionar suficiente información para la gestión.

El panel de experto apoya que el uso de sistemas CBCT de volumen limitado y alta resolución está indicado en determinados casos para la evaluación del trauma

dental (supuesta fractura radicular), cuando las radiografías intrabucales convencionales proporcionan una información inadecuada para la planificación del tratamiento. (B).

Implantología

Hay un gran número de publicaciones (estudios de casos, revisiones no sistemáticas, estudios descriptivos) que ilustran el uso de la CBCT en la odontología de implantes. Los miembros del Panel consultaron muchos de ellos durante la revisión a fin de ayudar a crear un cuerpo de conocimientos para el desarrollo de las directrices (Arisan et al., 2010; Bousquet y Joyard, 2008; Peck y Conte, 2008). Estas publicaciones dejan claro que la CBCT se utiliza ampliamente en la odontología de implantes. De ahí el Panel presenta las siguientes recomendaciones:

1.- CBCT está indicada para antes de la colocación de implantes, como alternativa a las técnicas existentes cuando se demuestra que la dosis de radiación de la CBCT es menor. (D).

2.- Para las imágenes transversales antes de la colocación de implantes, la ventaja de la CBCT con campos de visión ajustables, frente a la MSCT, se aumenta cuando la región de interés es una parte localizada de los maxilares, ya que se puede utilizar un campo de visión de un tamaño similar. (GP).

La evaluación de la densidad ósea de los lechos de los implantes es viable con la tomografía computarizada multicorte- (de Oliveira et al., 2008). Desde Barone et al. (2003), algunos estudios han intentado, sin embargo, obtener unidades Hounsfield (HU) a partir de la CBCT. Algunos estudios sugieren que esto es potencialmente viable, con correlaciones moderadas o buenas entre las HU obtenidas con la CBCT y los datos de densidad procedentes de otras fuentes (Lagravère et al., 2006; Lagravère et al., 2008; Mah et al., 2010; Nomura et al., 2010). Lee et al. (2007) observaron, sin embargo, solo correlaciones moderadas entre el aumento en el torque de inserción y los valores de HU. Recientemente, Nackaerts et al. (2011) compararon los escáneres MSCT y CBCT y observaron que los valores de intensidad de las imágenes generadas con la CBCT no eran fiables, porque acusaban la influencia del dispositivo de escaneo, los parámetros de la imagen y el posicionamiento del campo de visión. De este trabajo queda claro que hay

incertidumbre acerca del uso de la CBCT para obtener HU u otras mediciones de densidad del hueso y que no se puede recomendar para este fin en la práctica cotidiana.

Impactaciones. Agenesias,

Se han publicado varios estudios clínicos, series de casos y revisiones no sistemáticas sobre el uso de la CBCT para la evaluación preoperatoria de terceros molares impactados, incluyendo, Nakayama et al. (2009), Tantanapornkul et al.(2009), Lübbers et al. (2010), Suomalainen et al. (2010) y Yamada et al.(2011). La conclusión general a la que se llega después de revisar estos estudios es que la CBCT puede ofrecer al cirujano ventajas al mostrar la posición y relaciones anatómicas de los terceros molares mandibulares cuando existe una estrecha interrelación entre la raíz del tercer molar y el canal mandibular (alveolar inferior), pero que la CBCT no deber usarse rutinariamente para todas las evaluaciones preoperatorias de terceros molares.

El estudio de Ghaeminia et al. (2009), sin embargo, arrojó unos resultados aparentemente contradictorios ya que no detectaron diferencia alguna en la sensibilidad y especificidad entre la radiografía panorámica y la CBCT en cuanto a la predicción de la exposición del canal mandibular. La diferencia en los resultados con otros estudios probablemente refleje una selección de casos distinta. La exposición directa del canal durante la cirugía no es, sin embargo, un requisito para el daño neural postoperatorio. Las lesiones pueden ocurrir por los efectos de presión a través de hueso intermedio delgado. Como señaló Ghaeminia et al. (2009), la CBCT ofrece la ventaja de identificar la posición bucolingual del canal. Otros factores, tales como una morfología radicular compleja, también pueden favorecer el uso de una técnica de imagen transversal.

A pesar de la aparente contradicción en los resultados de los artículos sistemáticamente revisados (Tantanapornkul et al., 2007; Ghaeminia et al., 2009), el peso de la evidencia de la literatura más amplia es tal que el Panel confirmó las amplias intenciones de la recomendación hecha en las directrices anteriores, pero con un modificación de su formulación y una reducción en el grado de evidencia. La estrategia para la obtención de imágenes presentada por Flygare y Ohman (2008), en la que la CBCT se reserva para casos en los que la imagen convencional no

representa adecuadamente la relación nervio/diente, está en consonancia con nuestra recomendación. Una excepción prevista a esta regla puede ser cuando la práctica preferida es realizar una coronectomía del tercer molar, en lugar de la extracción del diente, cuando existe una estrecha relación entre el canal mandibular y la raíz del tercer molar. Si se puede tomar la decisión de realizar una coronectomía en base a los resultados de la radiografía convencional, entonces la CBCT será superflua.

Es importante asegurarse de que la recomendación arriba mencionada no conduzca a una "transición" hacia su uso rutinario. La incidencia de disestesia postoperatoria después de la extracción de un tercer molar es muy baja cuando un cirujano experimentado realiza la intervención y no hay evidencia de mejores resultados con el uso de la CBCT. Con "interrelación directa", el Panel quiso subrayar las características de radiografías convencionales relacionadas con la disestesia postoperatoria: el "oscurecimiento" de la raíz, la interrupción de la pared del canal y la diversión del mismo (Rood y Shehab, 1990). Cada caso debe juzgarse en base a una evaluación individualizada de los riesgos.

La literatura sobre la extracción quirúrgica de otros tipos de dientes es muy limitada, aunque parte de la literatura ortodóntica relacionada con los caninos maxilares impactados también tiene relevancia aquí (véase el apartado 4.2.1). Parece probable que la CBCT desempeñe un papel en la evaluación preoperatoria de cualquier diente incluido cuando las radiografías convencionales (intrabucales y panorámicas) no aportan la información necesaria. El Panel estuvo de acuerdo de que era importante subrayar la necesidad de usar un campo de visión más pequeño en consonancia con la información necesaria.

El panel de experto concluye que:

- 1.- La CBCT puede estar indicada en determinados casos para la evaluación preoperatoria de un diente incluido, cuando las radiografías convencionales no proporcionan la información necesaria. (GP).
- 2.- Para la evaluación localizada de un diente impactado (incluyendo la consideración de la resorción de un diente adyacente) para la que el método de imagenología actual es la MSCT, (tomografía computarizada multicorte) es posible que la CBCT sea preferible por la menor dosis de radiación. (GP).

3.- No existen pruebas sólidas para apoyar el uso de la CBCT como método de imagen de "primera línea" para la evaluación de caninos maxilares impactados o dientes supernumerarios en el contexto del diagnóstico de la resorción radicular, pero sí que podía prescribirse cuando la radiografía intrabucal convencional no aportaba una información adecuada. (BP).

4.- Para la evaluación localizada de un diente impactado (incluyendo la consideración de la resorción de un diente adyacente), se debe elegir el menor tamaño del volumen compatible con la situación por la menor dosis de radiación. El uso de unidades de CBCT que solo ofrecen volúmenes grandes (la CBCT craneofacial) requiere una justificación metódica y, por lo general, no se suele recomendar. (BP).

3.- SU UTILIDAD EN ENDODONCIA

El Panel de expertos del SEDENTEXT PROJECT. 2011, propone que las imágenes para la terapéutica endodóntica convencional depende fundamentalmente de la radiografía intrabucal. En los dientes multirradiculares y casos más complejos (p. ej., supuestas perforaciones radiculares; resorciones y sistemas utilizan las radiografías intrabucales a diferentes ángulos de haz para obtener una gama de perspectivas y permitir la localización adecuada.

Las imágenes tridimensionales obtenidas a partir de la CBCT parecen aportar un nuevo método valioso de obtención de imágenes de los sistemas de canales radiculares, y existen varias revisiones no sistemáticas en la literatura que ofrecen una perspectiva favorable (Cotton et al., 2007; Patel et al., 2007).

La endodoncia requiere, sin embargo, imágenes con gran detalle y es importante recordar que los sistemas de CBCT dental disponibles ofrecen resoluciones muy por debajo (aproximadamente una orden de magnitud) de aquellas de la radiografía intrabucal moderna. Además, puesto que el tratamiento endodóntico es un procedimiento de un solo diente, los sistemas de CBCT incapaces de reducir el campo de visión a unas dimensiones adecuadas expondrán otras áreas a la radiación sin beneficio alguno para el paciente. Varios estudios clínicos descriptivos (Neelakantan et al., 2010a; Zhang et al., 2011) y dos estudios de laboratorio (Neelakantan et al., 2010b) han utilizado la CBCT para captar imágenes de la anatomía de canales radiculares en poblaciones de pacientes. Todos concluyeron

que la CBCT tenía un papel que desempeñar en la identificación de sistemas de canales radiculares, particularmente en la de la presencia/ausencia de un segundo canal mesiobucal (MB2) en los primeros molares maxilares.

Diversos autores han publicado propuestas de utilización de CBCT en determinados casos:

Para la contribución a la gestión de dens invaginatus y anatomía pulpar aberrante (Maini et al., 2008 y Walter et al., 2008). La identificación de canales accesorios (Patel et al., 2007) y como contribución a la planificación endodóntica quirúrgica (Patel y Dawood, 2007)

El panel de expertos afirma que:

- 1.- CBCT no está indicada como método estándar para mostrar la anatomía de canales radiculares. (GP).
- 2.- El uso de escáneres CBCT de volumen limitado y alta resolución puede estar indicado en determinados casos en los que la información aportada por las radiografías intrabucales convencionales sobre la anatomía de canales radiculares sea equívoca o inadecuada para la planificación del tratamiento, muy probablemente en dientes multirradiculares. (GP)

4.- EN ORTODONCIA

Como ha quedado dicho, parece estar justificado con evidencia científica irrefutable el uso de CBCT para evaluar con precisión la detección de cambios óseos, aportando ventajas muy considerable de los CBCT frente a la radiografía al permitir obtener información volumétrica de todas las superficies y aportar mayor información que podría pasar desapercibida en 2D. (Stavropoulos A, 2007)

Existen estudios recientes donde se evaluó la reabsorción ósea en los sitios de extracción de un grupo de pacientes en tratamiento de ortodoncia usando CBCT para evaluar la pérdida de soporte periodontal y el hueso después de una extracción dental (Lombardo L, 2013) .

El Panel de expertos de referencia advierten que algunos clínicos (Kapila et al., 2011; Smith et al., 2011), sobre todo fuera de Europa, utilizan actualmente los escáneres CBCT de gran volumen, que captan imágenes de todo el esqueleto

facial, como herramienta habitual para la evaluación radiológica relacionada con la ortodoncia. Habida cuenta de las dosis de radiación implicadas y del grupo de edad (mayormente) pediátrico de los pacientes, esta práctica se ha visto envuelta en polémica y requiere una consideración muy crítica. Por lo tanto, el Panel no pudo recomendar la CBCT como método estándar para la planificación del diagnóstico y tratamiento en la práctica de la ortodoncia. Esto está en consonancia con las directrices nacionales dentro de Europa (Isacson et al., 2008; Haute Autorité de Santé, 2009) y la recomendación de la Asociación Americana de Ortodontistas (American Association of Orthodontists, 2010).

El Panel pudo, no obstante, apreciar el valor potencial de los escáneres CBCT de gran volumen para la evaluación de pacientes con malformaciones craneofaciales complejas que requieren una intervención quirúrgica o quirúrgica/ortodóntica combinada a partir de los 16 años como parte de la planificación del procedimiento definitivo. Debe desalentarse la "monitorización" seriada del crecimiento esquelético.

El Panel de expertos concluye que CBCT de gran volumen no debe usarse de forma rutinaria en el diagnóstico ortodóntico (D).

Existen numerosas publicaciones que cuyos autores se postulan a favor de CBCT en diferentes situaciones: En casos del paladar hendido para la posición y localización dental (Bedoya y Park, 2009 y Gracco et al., 2009), en el estudio de la resorción relacionada con los dientes impactados (Liu et al., 2008). También es de utilidad para la medición de las dimensiones óseas para la colocación de mini implantes (Baumgaertel y Hans, 2009). Para una rápida expansión maxilar (Christie et al., 2010). Para estudios decefalometría tridimensional (King et al., 2007) y en casos de necesidad de investigar parestesias asociada con la ortodoncia (Erickson et al., 2003)

5.- EN CARIES DENTAL

Existen algunos trabajos que informan que estudios con CBCT aportan una mayor precisión cuando se trataba de evaluar la profundidad de las caries aportando una sensibilidad del doble cuando se trata de lesiones proximales con extensión a la dentina. En otras reseñas bibliográficas se concluye que cuando utilizamos un

CBCT de bajo FOV se obtiene una mayor "Sensibilidad" solo para las caries oclusales en comparación con la radiografía convencional. (Estrela C, 2008).

Sin embargo hay otros estudios que no encontraron diferencias concluyentes cuando comparan la efectividad en el diagnóstico de caries de los CBCT frente a la radiografía convencional, tipo aletas de mordida, intraorales o periapicales .

La Guía hace unas consideraciones muy acertadas que coinciden con nuestro criterio. El uso de la CBCT como parte del proceso de detección y diagnóstico de las caries ha sido objeto de varios estudios ya que en la revisión sistemática incluyen siete estudios sobre la detección de caries proximales (Haiter-Neto et al., 2008; Young et al., 2009; Qu et al., 2010; Kayipmaz et al., 2010; Zhang et al., 2011). En cinco de ellos, en los que se utilizó el análisis de la curva (ROC) de la característica operativa del receptor, no se apreció una diferencia significativa en el rendimiento diagnóstico entre los sistema CBCT y la radiografía intrabucal. Los otros dos estudios (Haiter-Neto et al., 2008; Young et al.,2009), en los que se presentaron la sensibilidad y la especificidad en lugar de los valores ROC, detectaron una mayor sensibilidad para la detección de las caries proximales con un sistema CBCT de pequeño volumen y alta resolución, aunque Haiter-Neto et al. (2008) no informaron sobre diferencia alguna en las puntuaciones verdaderas globales entre la imagenología CBCT y la radiográfica convencional.

En la revisión sistemática se incluyeron tres estudios sobre la detección de caries oclusales (Haiter-Neto et al.,2008; Young et al.,2009; Kayipmaz et al.,2010). Todos estos estudios presentan datos que indican una mayor sensibilidad para el diagnóstico de caries oclusales, frente a la radiografía convencional. Young et al. (2009) observaron que esto venía acompañado por una pérdida de especificidad, en tanto que Haiter-Neto et al. (2008) no observaron (como en la detección de caries proximales) diferencia alguna en las puntuaciones verdaderas globales. Cualquier deterioro en la especificidad observado con las imágenes de CBCT puede reflejar radiolucencias artefactuales debajo del esmalte de las cúspides, observadas por Young et al. (2009). Los estudios de Kamboroglu et al. (2010a, 2010b) no se pudieron incluir en la revisión sistemática, puesto que no presentaban datos reconocidos sobre la precisión diagnóstica; su trabajo, no obstante, sugiere que las mediciones de la profundidad de caries oclusales obtenidas con la CBCT tienen una mejor correlación con la histopatología que las imágenes obtenidas con la radiografía intrabucal.

Las pruebas disponibles actualmente sugieren que la CBCT limitada tiene una precisión diagnóstica similar a la de la radiografía convencional para la detección de caries oclusales en los dientes posteriores in vitro. Para la detección de caries oclusales, las observaciones de una mayor sensibilidad con la CBCT sugieren que sería valioso seguir investigando sobre el tema. La representación de la profundidad de la caries podría ser superior (Haider-Neto et al.,2008; Kamboroglu et al.,2010a).

El Panel de expertos concluyó que las pruebas no apoyaban el uso clínico de la CBCT para la detección y el diagnóstico de las caries. Sin embargo, los exámenes con la CBCT realizados para otros fines deben verificarse cuidadosamente para detectar lesiones cariosas que se muestran fortuitamente cuando se lleva a cabo una evaluación clínica o se elabora un informe clínico.

En conclusión: La CBCT no está indicada como método para la detección y el diagnóstico de las caries.(CATEGORIA B)

6.-ARTICULACIÓN TEMPOROMANDIBULAR (ATM)

La gran mayoría de los pacientes que presenten signos y síntomas relacionados con la articulación temporomandibular (ATM) sufre dolores/disfunciones miofasciales o trastornos del menisco. La anomalía ósea no se presenta en el primero y solo ocasionalmente en el último. En tales casos, las radiografías no aportan información pertinente a la gestión. Cuando es necesario obtener imágenes del menisco, la resonancia magnética (RM) es el método de elección.

Otras patologías que se presentan en la ATM incluyen la osteoartritis y la patología reumatoide. En ambas condiciones se producen frecuentemente cambios óseos que pueden detectarse en las radiografías convencionales y en imágenes obtenidas con la CBCT. A la hora de justificar el uso de la CBCT, no obstante, el clínico debe considerar si la información obtenida modificará la gestión del paciente. La identificación de erosiones, remodelaciones o deformidades óseas puede ser puramente documental y no tener impacto alguno en la estrategia de tratamiento.

Según el Panel de expertos, la evidencia disponible incluyó cuatro estudios sobre la precisión diagnóstica con patrones de referencia válidos (Honda et al., 2006; Honey et al., 2007; Marques et al., 2010) y una selección de series de

caso/revisiones no sistemáticas (Honda et al., 2004; Honda y Bjornland, 2006; Lewis et al., 2008; Barghan et al., 2010; Alkhader et al., 2010a; Farronato et al., 2010). También hubo una revisión sistemática sobre la obtención de imágenes de erosiones y osteofitos de la ATM que tenía en cuenta la evidencia procedente de imágenes generadas por la CBCT y una revisión reciente sobre la obtención de imágenes de la ATM (Petersson, 2010).

Las imágenes obtenidas con la CBCT proporcionaron una precisión diagnóstica similar a la de la MSCT para las anomalías óseas condilares (Honda et al., 2006) y una mayor precisión que la radiografía panorámica y la tomografía lineal en la detección de erosiones corticales condilares (Honey et al., 2007) no observaron, sin embargo, diferencia alguna en la precisión diagnóstica para anomalías condilares entre la CBCT y las tomografías convencionales.

El Panel no estuvo dispuesto a sugerir su uso rutinario en los exámenes de la ATM, en la ausencia de evidencia de su impacto en las decisiones de tratamiento. Como señaló Petersson (2010), según la actual versión de los Criterios Diagnósticos para la Investigación de los Trastornos Temporomandibulares (CDI/TTM), la obtención de imágenes de la ATM no es necesaria para el diagnóstico. Además, no existen pruebas concluyentes de cuándo los pacientes ATM deben ser examinados con métodos de imagen. Según las conclusiones del Panel, la CBCT debe considerarse como alternativa a la MSCT, si se demuestra que la dosis de radiación con la CBCT es más baja.

El panel de experto concluye que la modalidad de imagen existente para el examen de la ATM es la MSCT, la CBCT está indicada como alternativa si se demuestra que la dosis de radiación es más baja. (B).

9.2 DISCUSION AL SEGUNDO OBJETIVO

Ocasionalmente, a un dentista le puede acudir un paciente que presenta una lesión ósea poco común. Los quistes, los tumores y una amplia gama de lesiones ocultas pueden presentarse en los maxilares, causando así síntomas y/o signos clínicos; es posible que algunos sean detectados por casualidad con la radiografía convencional. Hay numerosos informes de casos de lesiones óseas de los que se han obtenido imágenes con la CBCT (Barragan-Adjemianet al., 2009; Fullmeret al., 2007; Guttenberg, 2008; Kumar et al., 2007; ; Quereshyet al., 2008; Rodrigues y Estrela, 2008; Schereret al., 2008; Schulzeet al., 2006; Schulze, 2009; Smith et al., 2007;). Mientras que éstos son demasiados amplios en cuanto al tipo de patología e informes/series de casos, en lugar de estudios formales, parece razonable predecir que la CBCT desempeñará un papel útil en la evaluación de la patología ósea de los maxilares.

El Panel de expertos revisó formalmente cuatro casos que encajaban en esta categoría clínica en el contexto de la precisión diagnóstica (Hendrikx et al., 2010; Rosenberg et al., 2010; Simon et al., 2006). Midieron la precisión diagnóstica de la CBCT de alta resolución, frente a la radiografía panorámica, en la evaluación de la invasión mandibular por el carcinoma gingival, validada por los resultados histopatológicos después de la cirugía. Detectaron una alta sensibilidad de diagnóstico basado en las imágenes captadas con la CBCT, aunque la especificidad era tan solo similar a la de la radiografía panorámica. También informaron sobre el reto de artefactos relacionados con la restauración y falsos positivos de enfermedad periodontal. (Hendrikx et al. 2010), observaron una mayor sensibilidad y especificidad para la CBCT en la detección de la invasión mandibular por el carcinoma, validada por la histopatología, frente tanto a la radiografía panorámica como a la convencional, aunque sus resultados no fueron estadísticamente significativos debido al tamaño de la muestra.

El Panel consideró que, en casos de carcinoma oral, debían ser utilizados primero otros métodos de imágenes (MSCT) y radiografía convencional-(Hendrikx et al. 2010).

El Panel concluyó que, en base a la investigación actual, era probable que la CBCT desempeñara un papel en casos en los que estas técnicas de imagen no pudieran confirmar o refutar la participación del hueso y cuando el diagnóstico de dicha participación cambiara el plan de tratamiento.

Cuando es probable que se requiera la evaluación de tejidos blandos como parte de la evaluación radiológica del paciente, el método de imagen inicial debe ser la MSCT o la radiología convencional, en lugar de la CBCT. (BP)

El uso de los sistemas CBCT de volumen limitado y alta resolución puede estar indicado para la evaluación de la invasión ósea de los maxilares por el carcinoma cuando la modalidad de imagen inicial utilizada en el diagnóstico no aporta una información satisfactoria. (D).

De cualquier forma todos los hallazgos que encontremos se deben derivar a consulta con sus correspondientes especialidades con el informe y los datos clínicos del paciente.

9.3 DISCUSION AL TERCER OBJETIVO

A nuestro juicio hay tres directrices fundamentales para garantizar un protocolo de buena praxis médica en el uso del CBCT:

1º.- Cumplir las recomendaciones de AEROMF . (Zamora N. 2011).

De ellas nos parecen fundamentales las siguientes:

- Las exposiciones con CBCT no deben realizarse a menos que se haya realizado una historia clínica y hecho un examen clínico previo.
- Las exploraciones de CBCT deben ser justificadas para cada paciente por demostrar que los beneficios son mayores que los riesgos.
- Las exploraciones con CBCT deberían potencialmente añadir nueva información para ayudar en la gestión del paciente.
- La CBCT debería utilizarse únicamente cuando la cuestión para la cual se requiere no se pueda realizar adecuadamente con el uso de otras técnicas más sencillas.
- Para el caso de Clínicas radiológicas que trabajan a demanda de los odontólogos, es recomendable que para aceptar solicitudes para la realización de CBCT dichos odontólogos debieran proporcionar adecuada información clínica (resultados de una historia y exploración) para permitir al profesional llevar a cabo su indicación.
- Las imágenes de CBCT deben ser objeto de una minuciosa evaluación clínica (informe radiológico) en el contexto de todo el volumen de datos. En caso de ser el odontólogo el que dispone del sistema en su clínica, debería ser obligatoria una prueba de certificación académica que garantice la pertinente acreditación profesional.
- Cuando sea necesaria una evaluación de los tejidos blandos como parte integral de la evaluación radiológica del paciente, la técnica de imagen apropiada debería ser la TC multicorte o Resonancia Magnética.
- El equipo de CBCT más recomendable es aquel que permita ofrecer la opción de elegir volúmenes de diferentes tamaños para que la exploración siempre garantice la menor radiación al paciente.
- Cuando el equipo de CBCT ofrece la opción de elegir la resolución éste debería ser la adecuada para proporcionar un diagnóstico adecuado y la que proporcione la menor radiación posible.

Para cada instalación de CBCT se debe establecer e implementar un programa de garantía de calidad, que incluya el equipo, las técnicas y los procedimientos de calidad. Las ayudas para la correcta posición del paciente (los haces de luces marcadoras) han de ser utilizada siempre.

Todas las nuevas instalaciones de CBCT deberían someterse a un examen crítico y a detalladas pruebas de aceptación antes de su uso, para asegurar una protección radiológica óptima del personal y pacientes. Posteriormente el equipo debería ser sometido regularmente a pruebas rutinarias para asegurar que la protección radiológica, tanto para los usuarios del equipo y de la clínica como para los pacientes, no se haya deteriorado significativamente.

2º.- Como recomendación nuclear para la correcta utilización de CBCT es fundamental que se respete el principio de optimización reflejado en las siglas ALARA (As Low As Reasonably Achievable) "la dosis de radiación debe tan baja como sea razonablemente posible".

3º.- Cumplir rigurosamente los protocolos detallados en la sección 6 del documento de la Comisión Europea de protección radiológica 136. "Directrices Europeas de protección radiológica en radiología dental" (Sociedad Española de Protección Radiológica).

1.- LA MAYOR DE LAS VENTAJAS: LA MENOR DOSIS DE RADIACION CON CBCT

Como se ha comentado en la primera parte de esta tesis, CBCT es una técnica que tiene la ventaja, comparativamente con la CT, de menor coste y dosis bajas. CBCT difiere de CT en que utiliza una sola fuente de rayos X que produce un haz de cono de radiación (en lugar de un haz en abanico, como con CT. Una sola secuencia rotacional es suficiente para capturar los datos para la reconstrucción de una imagen volumétrica. Toda la exploración de la región diana se realiza en una sola rotación lo que reduce significativamente la exposición a la radiación.

En comparación, la exposición a la radiación con una radiografía digital panorámica es de 0.0063mG aproximadamente y alrededor de 0.0012mG en una radiografía periapical. Para la valoración dental completa con radiografía convencional se alcanzaría una dosis aproximada de 33 hasta 84 Sv. CBCT por tanto es una herramienta de diagnóstico ampliamente utilizado en cirugías dentoalveolares, implantología y como ha quedado

documentada, ocasionalmente en ortodoncia, endodoncia, periodoncia , odontología forense, y otorrinolaringología. (Yousef A. AlJehani 2014).

La dosis efectiva de CBCT

La comparación de la dosis de radiación de diferentes escáneres CBCT con la TC puede ser confusa, debido a las diferentes unidades de dosis de radiación que pueden ser utilizados. Como se ha comentado anteriormente la unidad utilizada para la comparación de la exposición a la radiación (dosis efectiva) es el Sievert (Sv).

Como norma de buena praxis, se deben hacer todos los esfuerzos posibles por reducir la cantidad de radiación a la que el paciente es expuesto. En este sentido se recomienda , siempre que sea posible y obteniendo una imagen de calidad, utilizar el campo de estudio más pequeño posible (FOV), el tamaño de voxel más pequeño, el mínimo valor de mA y el menor tiempo de exposición posible con una forma de exposición pulsada.

Los odontólogos deben ser conscientes de las dosis medias de radiación para los diferentes tipos de exámenes que realizan con sus equipos CBCT y compararlos con los establecidos por la normativa (Comisión Europea de 2014). Se debe realizar una auditoría de lecturas de dosis para los pacientes de tamaño estándar, idealmente con la ayuda de un experto en física médica, para establecer las dosis típicas de los pacientes. Estas evaluaciones deben llevarse a cabo de forma regular, al menos cada tres años, o según se requiera por la legislación nacional.

Estas mediciones pueden exigidas por cualquier programa de control de calidad aprobado por la práctica dental. Si los resultados de dosis se exceden de los márgenes establecidos, o difieren significativamente de las auditorías previas, deben ser investigados con la ayuda de un experto en física médica y aplicar todas las recomendaciones resultantes.

En particular, se debe verificar que las dosis para los niños son significativamente más bajos que los de los adultos y que existen programas separados para el estudio de patologías locales, así como imágenes de la mandíbula superior o inferior completa. Otros ajustes a ser probados incluyen la pre-programación correcta de menor kV. y el uso de la modulación de salida del tubo (Evidence Based Guidelines, 2011).

La dosis de radiación efectiva de el CBCT puede variar de acuerdo con la marca comercial del equipo y con las especificaciones técnicas seleccionadas durante la exploración, algunas modificables según el paciente y otras establecidas fijas (por ejemplo , campo de visión, tiempo de exposición, miliamperaje y kilovoltaje). . Todos

estos factores pueden variar la dosis de radiación, por ello la comparación entre distintos estudios CBCT es muy complicada por dichas variables. (Amir Hosein Kiarudi,. 2015).

Una de las grandes e indiscutibles ventajas del CBCT es precisamente la reducción de la dosis ya que su uso permite obtener una excelente calidad de imagen con la menor exposición de dosis posible y menor comparativamente con la tomografía computarizada tradicional.

Existen informes publicados en relación con las dosis de radiación, donde encontramos algunas variaciones probablemente en relación con el tipo de aparato (según el año de fabricación) y los parámetros utilizados, de modo que la dosis de radiación aumenta proporcionalmente con el incremento de la tensión (kVp, kilovolts peak) y la corriente del tubo (mA: miliamperios) y se puede disminuir si el tamaño de píxel, el grosor de la sección se incrementan, o el campo se disminuye manteniendo el resto de parámetros constantes, el incremento en la dosis de radiación generalmente disminuye el ruido cuántico y ofrece una mejor resolución de contraste.

Las dosis de una exploración con conebeam son superiores a las exploraciones radiográficas dentales convencionales (radiografía intraoral <1,5 μ Sv, ortopantomografía 2,7- 24,3 μ Sv, Teleradiografía de cráneo <6 μ Sv) pero inferiores a la exploración con CT multicorte (280-1410 μ Sv). La dosis en CBCT también puede variar en función de la zona explorada así cuando se utiliza para un campo dentoalveolar, el paciente puede recibir una dosis entre 11-674 μ Sv y en un campo craneofacial entre 30-1073 μ Sv según los datos recogidos por el proyecto de la Comisión Europea Sedentext (2011).

Los estudios que intentan aproximarnos con exactitud a las dosis de radiación emitidas por el CBCT han sido múltiples y diversos, y en general entre todos se aproximan bastante, a pesar de las distintas variables que entran en juego . William C. 2006. concluyó con que la dosis efectiva de radiación varía con un promedio aproximado de unos 36,9 a 50,3 microsievert (0.036- 0.05 mSv) y se reduce significativamente en comparación con los sistemas de TC de haz "convencionales.

Silva et al 2008 estudiaron comparativamente las dosis equivalentes y efectivas entre la radiografía convencional (en ortopantomografía y telerradiografía lateral) con TC convencional y CBCT, concluyendo que la radiografía convencional seguía siendo el de menor dosis seguido de CBCT y por último el TC. (Zamora 2011).

Para Conhen y cols.2002, la dosis de radiación efectiva de la tomografía computarizada de haz volumétrico es de 15 a 74 veces mayor que la radiografía panorámica, por tanto la dosis CBCT sería aproximadamente de 0.3- 1.48 mSv.

En 2003, Mah et al. informaron que el CBCT reducía la dosis de radiación un 20% en comparación con la TC convencional. Sin embargo, Schulze et al. (2004), posteriormente informó que las imágenes volumétricas en 3D obtenidas con la tecnología de haz cónico acarrear hasta cuatro veces menos radiación que la TC convencional. La dosis de exposición efectiva para un paciente con CBCT puede oscilar desde 45 microsievert a 650. Genevive L. Machado. 2014. Por último en 2014, Naseem Shah, concluye su publicación con datos muy similares; de radiación de una radiografía panorámica digital es de 0,020 mSv y para cefalograma es 0,007 mSv, La radiación de CBCT tienen un Rango de 87 a 206 mSv para una exploración completa craneofacial. (Naseem Shah, 2014).

En resumen, las dosis de radiación (y por tanto riesgos) de CBCT dental son generalmente más altos que la radiografía dental convencional (intraoral y panorámica), pero inferior a las exploraciones de TCMC de la zona dental. (Ludlow JB, 2008).

La dosis depende del tipo de equipo y ajustes de exposición, sobre todo el campo de visión seleccionado. La dosis de radiación de CBCT es sustancialmente mayor que la de otras técnicas de imagen dental convencional, por lo que es muy importante utilizar criterios de selección de pacientes y realizarlo cuando la dosis más baja de radiografías dentales convencionales no pueden proporcionar información diagnóstica adecuada. (Yousef A. Al Jehani. 2014).

EXPLORACIÓN RADIOLOGICA	DOSIS EFECTIVA (µSv)
RX simple de cráneo	0.03
RX simple cráneo lateral	0.01
RX intraoral	0.002
Ortopantomografía	0.01
TC dental maxilar superior	0.36 -1.2
TC dental maxilar inferior	0.1- 3.3
CBCT ambos maxilares	0.034- 0.1
Viaje transatlántico (Europa- EEUU)	0.003- 0.0045

Tabla 7. Comparación de dosis efectiva .2006. Estanislao Arana- Fdez. de Moya 2006.

EQUIPOS	DOSIS EFECTIVAS ICRP 1990 (μSv)	Dosis efectivas ICRP 2007 (μSv)
Radiografía oclusal digital	7	
Radiografía panorámica digital	5,5-22	
Telerradiografía lateral digital	1,6-3,4	
TC	150-2100	
CBCT FOV pequeño	48-652	
CBCT FOV grande	68-1073	
CBCT Newton 9 s	36,9	51,7
CBCT Newton 3G 12 s	44,7	58,9
CBCT iCAT 9 s	68,7	104,5
CBCT iCAT 12 s	134,8	193,4
Radiación ambiental	3	

Tabla 8. Comparación de dosis efectiva . 1990- 2007

METODO DE IMAGEN	DOSIS EFECTIVA (μsv)
Radiografía intraoral	< 1.5
Radiografía panorámica	2.7- 24.3
Radiografía cefalométrica	< 6
CBCT Dentoalveolar (FOV < 10 cm)	11-674 (61)
CBCT Craneofacial (FOV > 10 cm)	30-1.073 (87)
TCMD Máxilo-mandibular	280-1.410

Tabla 9. Comparación de dosis efectiva Anni Suomalainen 2015

2- LIMITACIONES Y DESVENTAJAS DEL CBCT

2.1 El problema de los coeficientes de atenuación.

Las Unidades Hounsfield (HU) se definen como la transformación lineal del coeficiente de atenuación de haz de rayos X de un material medido con referencia al agua. (Godfrey N. 1979). Dichas unidades son consideradas una escala estándar para medir valores de atenuación del haz de rayos x o densidad.

En general con la TC podemos valorar la densidad ósea mediante una escala de grises (escala Hounsfield), que ofrece valores exactos en unidades Hounsfield (UH), y ésta escala representa la densidad relativa de un tejido corporal.

Las Unidades Hounsfield pueden ser posteriormente expresadas o traducidas a su equivalente en gramos de hidroxapatita por superficie (g Ha/ cm^2) o por volumen (g Ha/ cm^3). Esta conversión fue efectuada en 2006 y 2008 por Lagravère y cols. 37,43, que determinaron el coeficiente de conversión de las unidades Hounsfield a gr/cm^3 .

La escala Hounsfield es el patrón para la valoración densitométrica en la TC, pero en el caso de la CBCT los aparatos dan niveles de grises inexactos y de forma arbitraria (no hay un esquema estándar). Así pues, al no ofrecer éstas unidades correctamente y no ser “verdaderas” UH y no estar estandarizadas entre distintos equipos, no permiten una valoración exacta de la densidad ósea (Mah P, 2010).

Algunos autores han encontrado valores de atenuación entre -1500 y +3000 para distintas densidades de hueso, esto puede ser provocado por artefactos de la imagen. Por tanto una desventaja que presentaba la CBCT es que ofrece una valoración menos exacta o arbitraria de los niveles de grises (HU), muy útil en TC multicortes médicos.

Existen múltiples estudios que describen dicha inexactitud de los coeficientes de atenuación de CBCT que proporciona valores superiores y arbitrarios, por tanto sería necesario utilizar coeficientes de atenuación (distintos según cada material) con los que convertir los niveles de gris en verdaderas y significativas UH. Por ello, en 2010, Mah y cols. han investigado la relación entre los niveles de grises y las UH en la CBCT, comparando con 11 CBCT y de TC con resultados que indican que hay una relación lineal y directa entre los niveles de gris y los coeficientes de atenuación de los materiales, obtenidos a partir de ecuaciones de regresión lineal para cada material. La exactitud de la densitometría con TC (UH) ha sido comprobada y contrastada con la histomorfometría de la biopsia ósea. Ning R., 2004.

En otros estudios más recientes (Marcio José da Silva Campos, 2014,) de acuerdo con los estudios disponibles previamente, se puede concluir que CBCT no debe considerarse el examen de elección para la determinación exacta de la densidad mineral de los tejidos óseos y blandos, especialmente cuando los valores obtenidos se comparan con valores estándar predeterminados. Por lo tanto, CBCT proporciona una evaluación subjetiva de la calidad del hueso, y no evaluación objetiva. (Prashant P Jaju, 2014).

2.2 Limitación para valorar partes blandas.

Debido al uso de la baja dosis para realizar la exploración con CBCT, no permite una adecuada valoración de las partes blandas. Esta desventaja no suele ser una adversidad ya generalmente el interés principal es tejido dental y óseo. Sin embargo, es posible su valoración modificando algunos aspectos técnicos, pero entonces la dosis de radiación es la misma o casi la misma que con los exámenes con el TC , por lo que ya no sería una ventaja, y por tanto su uso no estaría justificado para ese caso. Gupta R, 2008

Ante la sospecha de patología que requiera valoración adecuada de los tejidos blandos adyacentes, es conveniente realizar RM maxilofacial, ecografía o bien TC con técnica de partes blandas.

En el futuro, el hardware detector muy probablemente permitirá una detección de lectura más rápido, con lo que a reducción de los tiempos de imagen y por lo tanto las posibilidades de movimiento del paciente. Schulze R, 2011.

2.3 El problema de los artefactos.

Las discrepancias sistemáticas entre la imagen reconstruida y los coeficientes de atenuación del objeto originan en la imagen elementos que no están presentes en el objeto explorado. Pueden ser debidos a múltiples causas: fallos del sistema, movimientos del paciente, efectos físicos como el endurecimiento del haz, etc.

Ya se ha expuesto anteriormente que el CBCT ofrece menor tiempo de estudio (los tiempos de adquisición varían entre 10 y 40 segundos) y, por tanto, menor dosis de radiación que CT medica, siendo un sistema más sencillo y menos costoso.

Los artefactos de dispersión y el endurecimiento del haz, causado por la alta densidad de las estructuras vecinas, tal como el esmalte, postes de metal y restauraciones pueden disminuir la calidad diagnóstica.

Los artefactos más comunes son: Endurecimiento del haz de rayos, efecto de volumen parcial, artefactos en anillo, artefactos por movimiento, ruido y dispersión (radiación dispersa), además del rango dinámico limitado de los detectores y un espectro de menor energía que CT médica.

- Artefactos de movimiento: El movimiento del paciente puede causar un artefacto en el registro de los datos que cause un emborronamiento y sombreado de las estructuras desplazadas.

- Artefacto de "Streaking": Está causado por la presencia de objetos metálicos que, por su alta densidad, superan el umbral para el adecuado procesamiento de los datos dando lugar a imágenes en estrella.

- Artefactos por endurecimiento del haz: el haz de rayos se endurece al atravesar un objeto (la energía se incrementa porque los fotones de baja energía son absorbidos antes que los de alta energía). A mayor endurecimiento, mayor es la señal del haz de rayos al alcanzar los detectores.

- Ruido: Perturbación no deseada y aleatoria, normalmente condicionada por el uso de baja radiación (reducción de mA) y a la alta cantidad de radiación dispersa, lo cual provoca una disminución del contraste de la imagen.

Otra causa típica de artefactos son las restauraciones, aparatos de ortodoncia e implantes dentales. (Scarfe, WC. 2008).



Imagen 52. TC multicorte. Artefacto en estrella por material externo.

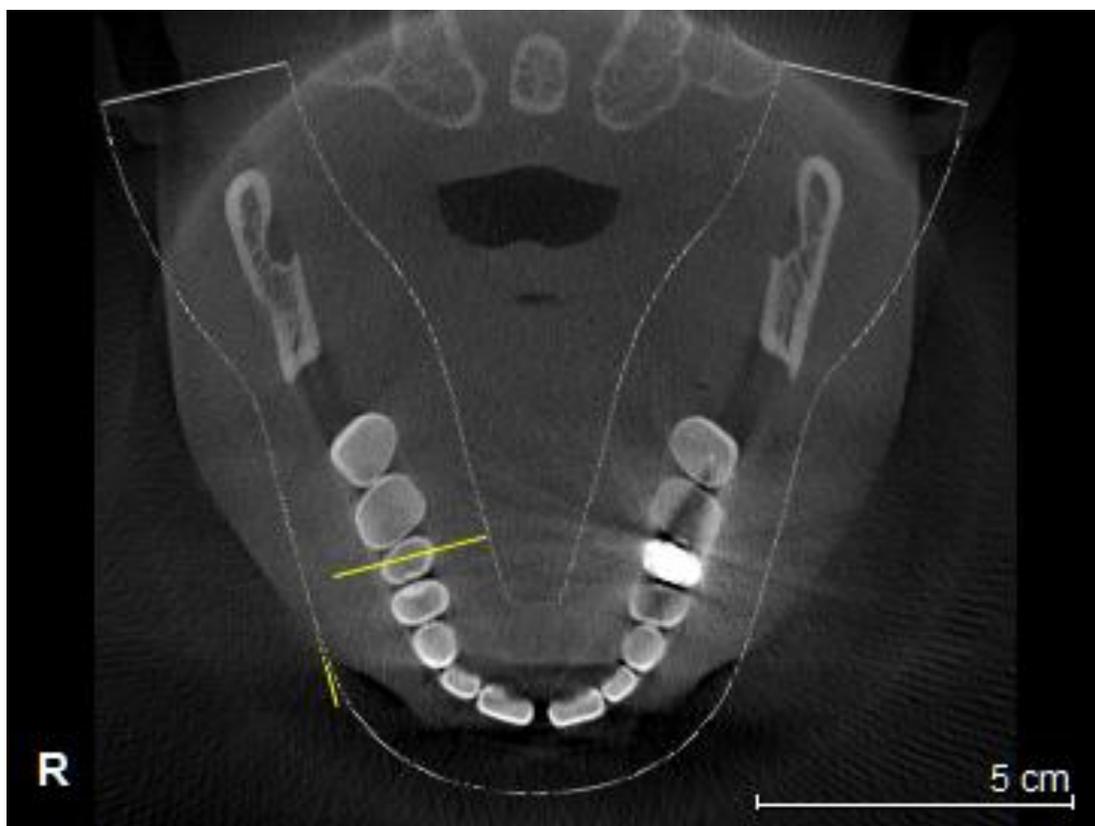


Imagen 53. CBCT. Artefacto en estrella por material externo. Menos intenso que en el ejemplo anterior.



Imagen 54. Artefactos por material metálico.

Los artefactos generalmente son menores que con CT médico, especialmente para metales de alta densidad (Pauwels R, 2013). La ventaja de que se trate de una exploración corta en el tiempo reduce los posibles artefactos por movimientos del paciente.

La calidad de imagen de TC adecuada sólo se logra si se llevan a cabo calibraciones del escáner de acuerdo con los protocolos prescritos por el fabricante. Las calibraciones generalmente se hacen en aire, y también, aunque con menos frecuencia, en maniqués con agua. (Lenguas, 2010).

CONCLUSIONES



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

10. Conclusiones

1.- Una de las grandes e indiscutibles ventajas del CBCT frente a la TC convencional es que su uso permite obtener unas imágenes de calidad similar pero con menor exposición de dosis. Sin olvidar que las dosis de radiación (y por tanto riesgos) de CBCT son sustancialmente más altas que la radiografía dental convencional (intraoral y panorámica), por lo que es muy importante utilizar criterios de selección de pacientes y realizarlo cuando la dosis más baja de radiografías dentales convencionales no pueden proporcionar información diagnóstica adecuada.

2.- Como norma de buena praxis para la utilización diagnóstica del CBCT, se deben intentar reducir la cantidad de radiación a la que el paciente es expuesto. En este sentido se recomienda, siempre que sea posible y obteniendo una imagen de calidad, utilizar el campo de estudio más pequeño posible (FOV), el tamaño de voxel más pequeño, el mínimo valor de mA y el menor tiempo de exposición posible con una forma de exposición pulsada.

3.- La exploraciones con CBCT solo están recomendadas cuando exista una justificación singular que garantice que los beneficios esperados superan los posibles riesgos. No está indicada su prescripción como método de rutina/triaje.

4.- CBCT puede estar indicado para la evaluación de una posible patología periapical cuando existe clínica sugerente y las radiografías convencionales no aportan nada que lo justifique.

5.- CBCT-con campo de visión ajustable- resulta muy recomendable para la obtención de imágenes tridimensionales antes de la colocación de un implante superando incluso a la tomografía computarizada multicorte, dada su baja dosis.

6.- CBCT está especialmente recomendado antes de la extracción de un tercer molar y las radiografía convencional sugieran una interrelación directa entre este y el canal mandibular.

7.- CBCT no está indicado como método de rutina para el estudio de los canales radiculares, pero en ocasiones puede estar justificada su utilización cuando el tratamiento odontológico se ve complicado por factores concurrentes tales como las lesiones de resorción, las lesiones combinadas periodontales/endodónticas, las perforaciones etc.

8.- En ortodoncia, CBCT nunca es una técnica de inicio para planificar un tratamiento, aunque su ayuda puede ser muy útil para la planificación de un procedimiento definitivo en casos complejos especialmente en las situaciones que se requieren una gestión combinada ortodóntica/quirúrgica.

9.- El equipo de CBCT más recomendable es aquel que permita ofrecer la opción de elegir volúmenes de diferentes tamaños para que la exploración siempre garantice la menor radiación al paciente. Todas las instalaciones de CBCT deberían someterse a una inspección técnica para asegurar una protección radiológica óptima del personal y pacientes.

10.- La presencia cada vez más frecuentes de equipos CBCT en las clínicas dentales obliga al odontólogo a una necesaria formación acreditada para explotar correctamente los datos referidos a las zonas de los dientes y sus estructuras de soporte. Aunque nos parece muy recomendable que para las zonas que no sean dentoalveolares-hueso temporal, ATM, etc.- debiera ser requerido un especialista en Radiología que pueda servir de consultor puntual. Por ello, nosotros proponemos que exista un radiólogo consultor para resolver cualquier duda de interpretación al que se le pueda hacer una consulta enviándole la imagen on line.

11.- Actualmente los sistemas de imágenes CBCT se han vuelto ampliamente disponibles y su dosis es considerablemente menor que con la TC convencional, por ello su uso se ha ampliado además de en la patología oral dental, en otras áreas. Existen otras aplicaciones fundamentalmente en la patología de cabeza y cuello, incluyendo base craneal, patología sinusal, suelo de la órbita, evaluación de huesos temporales (en el planeamiento quirúrgico de prótesis de oído medio) y valoración de vía aérea alta.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Alkhader M, Kuribayashi A, Ohbayashi N, Nakamura S, Kurabayashi T. Usefulness of cone beam computed tomography in temporomandibular joints with soft tissue pathology. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010a; 39: 343-348.

American Association of Orthodontists. Statement on the role of CBCT in orthodontics (26-10 H). *eBulletin* May 7 2010.

www.aaomembers.org/Resources/Publications/ebulletin-05-06-10.cfm. [Accessed 18 March 2011].

Amir Hosein Kiarudi,. 2015.TheApplications of Cone-BeamComputedTomography in Endodontics: A Review of Literature.*IranEndod J.* 2015 Winter; 10(1): 16–25.

Arisan V, Karabuda ZC, Özdemir T. Accuracy of two stereolithographic guide systems for computer-aided implant placement: a computed-based clinical comparative study. *J Periodontol* 2010; 81:43-51.

Barghan S, Merrill R, Tetradis S. Cone beam computed tomography imaging in the evaluation of the temporomandibular joint. *J Calif Dent Assoc.* 2010; 38: 33-39.

Barone A, Covani U, Cornelini R, Gherlone E. Radiographic bone density around immediately loaded oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14: 610-615.

Barragan-Adjemian C, Lausten L, Ang DB, Johnson M, Katz J, Bonewald LF. Bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw: model and diagnosis with cone beam computed tomography. *Cells Tissues Organs* 2009; 189: 284-288.

Baumgaertel, S,Hans, MG. Assessment of infrazygomatic bone depth for mini-screw insertion. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20(6): 638-42.

Bedoya MM, Park JH. A review of the diagnosis and management of impacted maxillary canines. *J Am Dent Assoc* 2009; 140(12): 1485-93

Bousquet F, Joyard M. Surgical navigation for implant placement using transtomography. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 724-730

Chau AC, Fung K, Comparison of radiation dose for implant imaging using conventional spiral tomography, computed tomography, and cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Apr;107(4):559-65. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.11.009. Epub 2009 Jan 25.

Christiansen R, Kirkevang LL, Gotfredsen E, Wenzel A. Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root- end resection. *Dentomaxillofac Radiol* 2009; 38: 531-536.

Christie KF, Boucher N, Chung C-H. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137(4 Suppl): S79-85

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

Davies HE, Wathen CG, Gleeson FV. The risks of radiation exposure related to diagnostic imaging and how to minimise them. *BMJ.* 2011;342

Donado Rodríguez, M. *Cirugía Bucal. Patología y Técnica.* Masson. Barcelona, 2003. ISBN: 978-84-458-0702-6

Dula K, Bornstein MM, Buser D, Dagassan-Berndt D, Ettlin DA, Filippi A, Gabioud F, Katsaros C, Krastl G, Lambrecht JT, Lauber R, Luebbers HT, Pazera P, Türp JC. SADMFR guidelines for the use of Cone-Beam Computed Tomography/ Digital Volume Tomography. *Swiss Dent J.* 2014;124(11):1169-83.

Erickson M, Caruso JM, Leggit L. Newtom QR-DVT 9000 imaging used to confirm a clinical diagnosis of iatrogenic mandibular nerve paresthesia. *J Calif Dent Assoc* 2003; 31: 843-845.

Estrela C, Reis Bueno M, Rodrigues Leles C, Azavedo B, Ribamar Azevedo J. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008a; 34: 273-279.

Evans CA., Cevitanes LHS., Simmons KE. Palomo JM. Clinical recommendations for the appropriate use of cone beam computed tomography (cbct) in orthodontics. *Joint*

Position Statement by the American Association of Bibliografía 243 Orthodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology 2012.

Evidences Based Guidelines. A report prepared by the sedentext project. 2011.

Fahrig R., Fox AJ., Lownie S. Use of a C-arm system to generate true threedimensional computed rotational angiograms: preliminary in vitro and in vivo results. AJNR. Am J Neuroradiol 1997;18:1507-14.

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

Farman AG.,William T., Scarfe C., Hilgers MJ., Vida O., Moshiri M., Sukovic P. Dentomaxillofacial cone-beam CT for orthodontic assessment. International Congress Series 2005;1281:1187-90

Farman TT., Vandre RH., Pajak JC. Effects of scintillator on the detective quantum efficiency (DQE) of a digital imaging system. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006b;101:219-23.

Farronato G, Garagiola U, Carletti V, Cressoni P, Mercatali L, Farronato D. Change in condylar and mandibular morphology in juvenile idiopathic arthritis: Cone Beam volumetric imaging. Minerva Stomatol. 2010; 59: 519-534.

Feldkamp L.A., Davis L.C., Kress J.W. Practical cone-beam algorithm. J.Opt.Soc.Am A 1984;1(6):612-9

Flygare L, Ohman A. Preoperative imaging procedures for lower wisdom teeth removal. Clin Oral Investig. 2008; 12: 291-302

Friedland B, Donoff B, Dodson TB. The use of 3-dimensional reconstructions to evaluate the anatomic relationship of the mandibular canal and impacted mandibular third molars. J Oral Maxillofac Surg 2008; 66: 1678-1685.

Fullmer JM, Scarfe WC, Kushner GM, Alpert B, Farman AG. Cone beam computed tomographic findings in refractory chronic suppurative osteomyelitis of the mandible. Br J Oral Maxillofac Surg 2007; 45: 364-371.

Ghaemina H Meijer GJ, Soehardi A, Borstlap WA, Mulder J, Bergé SJ. Position of the impacted third molar in relation to the mandibular canal. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography compared with panoramic radiography. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 38: 964-971.

Goaz, P.W., White. S.C. *Radiología Oral. Principios e Interpretación.* Harcourt España. Madrid, 1995.

Gracco A, Lombardo L, Cozzani M, Siciliani G. Quantitative evaluation with CBCT of palatal bone thickness in growing patients. *Prog Orthod* 2006; 7: 164-174.

Gracco A, Luca L, Cozzani M, Siciliani G. Assessment of palatal bone thickness in adults with cone beam computerised tomography. *Aust Orthod J* 2007; 23: 109-113.

Gupta R., Bartling SH., Basu SK. Experimental flat-panel highspatialresolution volume CT of the temporal bone. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:1417-24

Gupta R., Bartling SH., Basu SK. Experimental flat-panel highspatialresolution volume CT of the temporal bone. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:1417-24.

Gupta R., Grasruck M., Suess C. Ultra-high resolution flat-panel volume CT: fundamental principles, design architecture, and system characterization. *Eur Radiol* 2006;16:1191-205.

Haiter-Neto F, Wenzel A, Gotfredsen E. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 2008; 37: 18-22.

Hendrikx AW, Maal T, Dieleman F, Van Cann EM, Merckx MA. Cone-beam CT in the assessment of mandibular invasion by oral squamous cell carcinoma: results of the preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010; 39: 436-439.

Honda K, Bjornland T. Image-guided puncture technique for the superior temporomandibular joint space: value of cone beam computed tomography (CBCT). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 281-286.

Honda K, Larheim TA, Maruhashi K, Matsumoto K, Iwai K. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography

compared with helical computed tomography based on an autopsy material.

Dentomaxillofac Radiol 2006; 35: 152-157.

Honda K, Matumoto K, Kashima M, Takano Y, Kawashima S, Arai Y. Single air contrast arthrography for temporomandibular joint disorder using limited cone beam computed tomography for dental use. Dentomaxillofac Radiol 2004; 33: 271-273.

Honey OB, Scarfe WC, Hilgers MJ, Klueber K, Silveira AM, Haskell BS, Farman AG. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007; 132: 429-438.

Hounsfield GN. Nobel Award address: computed medical imaging. Med Phys 1980;7:283-90

<http://www.marcilan.com/es/anatomy-2/mpr-reformacion-multiplanar>

Kamoroğlu K, Murat S, Yüksel SP, Cebeci ARÍ, Paksoy CS. Occlusal caries detection by using a cone-beam CT with different voxel resolutions and a digital intraoral sensor. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010b; 109: e63-e69.

Kamoroğlu K, Kurt H, Kolsuz E, Öztaş B, Tatar Í, Çelik HH. Occlusal caries depth measurements obtained by five different imaging modalities. J Digit Imaging 2010a; Nov 30 [Epub ahead of print].

Kapila S, Conley RS, Harrell Jr WE. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. Dentomaxillofac Radiol 2011; 40: 24-34.

Kau CH, Richmond S, Palomo JM, Hans MG. Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. J Orthod 2005; 32: 282-293.

Kau CH., Richmond S., Palomo JM., Hans MG. Current Products and Practice Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. J Orthod 2005;32:281-92

Kayıpmaz S, Sezgin ÖS, Sarıcaoğlu ST, Çan G. An in vitro comparison of diagnostic abilities of conventional radiography, storage phosphor, and cone beam computed

tomography to determine occlusal and approximal caries. *Eur J Radiol* 2010; Oct 7 [Epub ahead of print].

Kim S, Choi Y, Hwang E, Chung K, Kook Y, Nelson G. Surgical positioning of orthodontic mini-implants with guides fabricated on models replicated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131: S82-S89.

Kudo H., Noo F., Defrise M..Newsuper-short-scan algorithm for fan-beam and cone-beam reconstruction. *IEEE NSS-MIC* 2002;902-6.

Kumar V, Ludlow JB, Mol A, Cevidanes L. Comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Dentomaxillofac Radiol* 2007; 36: 263-269.

Kumar V, Pass B, Guttenberg SA, Ludlow J, Emery RW, Tyndall DA, Padilla RJ. Bisphosphonate- related osteonecrosis of the jaws: a report of three cases demonstrating variability in outcomes and morbidity. *J Am Dent Assoc* 2007; 138: 602-609.

Lagravère MO, Carey J, Ben-Zvi M, Packota GV, Major PW. Effect of object location on the density measurement and Hounsfield conversion in a NewTom 3G cone beam Computed tomography unit. *Dentomaxillofac Radiol* 2008; 37: 305-308.

Lagravère MO, Fang Y, Carey J, Toogood RW, Packota GV, Major PW. Density conversion factor determined using cone-beam computed tomography unit NewTom QE-DVT 9000. *Dentomaxillofac Radiol* 2006; 35: 407-409.

Larson BE. Cone-beam computed tomography is the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. *Am J Orthod* 2012;141:402- 11

Lee S, Gantes B, Riggs M, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites: 3. Bone quality evaluation during osteotomy and implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22: 208-212.

Lewis EL, Dolwick MF, Abramowicz S, Reeder SL. Contemporary imaging of the temporomandibular joint. *Dent Clin North Am* 2008; 52: 875-890.

Liu D, Zhang W, Zhang z, Wu Y, Ma X. Localization of impacted maxillary canines and observation of adjacent incisor resorption with cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 105: 91-98.

Lübbers HT, Matthews F, Damerau G, Kruse AL, Obwegeser JA, Grätz KW, Eyrich GK. Anatomy of impacted lower third molars evaluated by computerized tomography: is there an indication for 3-dimensional imaging? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010 Oct 15.

Mah P, Reeves TE, McDavid WD. Deriving Hounsfield units using grey levels in cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2010; 39: 323-335.

Maini AP, Durning P, Drage N. Resorption: within or without? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect. *Br Dent J* 2008; 204: 135-137.

Marques AP, Perrella A, Arita ES, Pereira MF, Cavalcanti Mde G. Assessment of simulated mandibular condyle bone lesions by cone beam computed tomography. *Braz Oral Res*. 2010; 24: 467-474

Miracle AC., Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles. *Am J Neuroradiol*. 2009a;30:1088-95.

Miracle AC., Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications. *Am J Neuroradiol*. 2009b;30:1285-92.

Miracle AC., Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles. *Am J Neuroradiol*. 2009a;30:1088-95.

Miracle AC., Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications. *Am J Neuroradiol*. 2009b;30:1285-92.

Mischkowski RA, Pulsfort R, Ritter L, Neugebauer J, Brochhagen HG, Keeve E, Zoller J E. Geometric accuracy of a newly developed cone-beam device for maxillofacial imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 104: 551-559.

Mol A, Balasundaram A. In vitro cone beam computed tomography imaging of periodontal bone. *Dentomaxillofac Radiol* 2008; 37: 319-324.

Moshiri M., Scarfe W.C., Hilgers M.L., Scheetz J.P., Silveira A.M., Farman A.G. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132: 550-60.

Mozzo P., Procacci C., Tacconi A., Martini PT., Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-64.

Müssig E, Wörtche R, Lux CJ. Indications for digital volume tomography in orthodontics. *J Orofac Orthop* 2005; 66: 241-249.

Zamora Martínez N, V. Paredes Gallardo, R.M. Cibrián Ortiz de Anda, J.L. Gandía Franco. Evaluación de las dosis de radiación con los sistemas de tomografía computarizada de haz cónico en ortodoncia. Revista Española de Ortodoncia, Vol. 41, Nº. 1, 2011, págs. 17-22

Nackaerts O, Maes F, Yan H, Couto Souza P, Pauwels R, Jacobs R. Analysis of intensity variability in multislice and cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res.* 2011 Jan 18. doi: 10.1111/j.1600-0501.2010.02076.x. [Epub ahead of print]

Naitoh M. Yamada S, Noguchi T, Arijji E, Nagao J, Mori K, Kitasaka T, Suenaga Y. Three-dimensional display with quantitative analysis in alveolar bone resorption using cone-beam computerized tomography for dental use: a preliminary study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26: 607-612.

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

Nakayama K, Nonoyama M, Takaki Y, Kagawa T, Yuasa K, Izumi K, Ozeki S, Ikebe T. Assessment of the relationship between impacted mandibular third molars and inferior alveolar nerve with dental 3-dimensional computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67: 2587-2591.

Neelakantan P, Subbarao C, Ahuja R, Subbarao CV, Gutmann JL. Cone-Beam Computed Tomography Study of Root and Canal Morphology of Maxillary First and Second Molars in an Indian Population. *J Endod* 2010a; 36: 1622-1627.

Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV 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. *J Endod* 2010b; 36: 1547-1551.

Ning R., Tang X., Conover D. X-ray scatter correction algorithm for cone beam CT imaging. *Med Phys* 2004;31:1195-202.

Nomura Y, Watanabe H, Honda E, Kurabayashi T. Reliability of voxel values from cone-beam computed tomography for dental use in evaluating bone mineral density. *Clin Oral Implants Res.* 2010; 21: 558-562.

Noujeim M, Prihoda TJ, Langlais R, Nummikoski P. Evaluation of high-resolution cone beam computed tomography in the detection of simulated inter-radicular bone lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 2009; 38: 156-162.

Park J, Cho HJ. Three-dimensional evaluation of interradicular spaces and cortical bone thickness for the placement and initial stability of microimplants in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136(3): 314.e1-12; discussion 314-5

Patcas R., Müller L., Ullrich O., Peltomäki T. Accuracy of cone-beam computed tomography at different resolutions assessed on the bony covering of the mandibular anterior teeth. *Am J Orthod* 2012;141:41-50.

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

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

Peck JN, Conte GJ. Radiologic techniques using CBCT and 3-D treatment planning for implant placement. *J Calif Dent Assoc* 2008; 36: 287-290.

Petersson A. What you can and cannot see in TMJ imaging - an overview related to the RDC/TMD diagnostic system. *J Oral Rehabil.* 2010; 37: 771-778.

Pittayapat P., Galiti D., Huang Y., Dreesen K., Schreurs M., Souza PC., Rubira-Bullen IR., Westphalen FH., Pauwels R., Kalema G., Willems G., Jacobs R. An in vitro comparison of subjective image quality of panoramic views acquired via 2D or 3D imaginig. *Clin Oral Investig* 2013;17:293-300.

Quereshy FA, Savell TA, Palomo JM. Applications of cone beam computed tomography in the practice of oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2008; 66: 791-796.

Rao GV., Rao SA., Mahalakshmi PM., Souyanya E. Cone beam computed tomography—an insight beyond eyesight in clinical dentistry. *Innovative Journal of Medical and Health Science* 2012;2:74-80.

Rood JP, Shehab BA. The radiological prediction of inferior alveolar nerve injury during third molar surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1990; 28: 20-25.

Rosenberg PA, Frisbie J, Lee J, Lee K, Frommer H, Kottal S, Phelan J, Lin L, Fisch G. Evaluation of pathologists (histopathology) and radiologists (cone beam computed tomography) differentiating radicular cysts from granulomas. *J Endod.* 2010; 36: 423-428.

Rougée A., Picard C., Saint-Félix D., Troussset Y., Moll T, Amiel M. Threedimensional coronary arteriography. *Int J Card Imaging* 1994;10:67-70.

Saint-Félix D., Troussset Y., Picard C. In vivo evaluation of a new system for 3D computerized angiography. *Phys Med Biol* 1994;39:583-95.

Sánchez Garcés MA, Alvira González J, Aznar Arasa LI, Esquemברי Bescós N, Ferriol Fiol N, López Ramírez M, Mir Marí J, Vargas Espinosa ML, Gay Escoda C. Revisión

bibliográfica de Implantología Bucofacial del año 2009. 1ª parte. Av Periodon Implantol. 2011; 23, 1: 49-73.

Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? Dent Clin North Am. 2008; 52(4):707-30.

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

Schulze D. Radiographic diagnostics: keratocyst of the left mandible. Quintessence Int 2009; 40: 86.

Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008 May;133(5):640.

Simon JHS, Enciso R, Malfaz J-M, 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: 883-837.

Smith BR, Park JH, Cederberg RA. An evaluation of cone-beam computed tomography use in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada. J Dent Educ. 2011; 75: 98-106.

Smith MH, Brooks SL, Eldevik OP, Helman JI. Anterior mandibular lingual salivary gland defect: a report of a case diagnosed with cone-beam computed tomography and magnetic resonance imaging. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007; 103.

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

Suomalainen A, Ventä I, Mattila M, Turtola L, Vehmas T, Peltola JS. Reliability of CBCT and other radiographic methods in preoperative evaluation of lower third molars. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010; 109: 276-284.

Suomalainen A, Pakbaznejad Esmaeili E, Robinson S. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights Imaging*. 2015 Feb;6(1):1-16.

Swennen G.R., Schutyser F. Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130:410-6.

Tantanapornkul W, Okochi K, Bhakdinaronk A, Ohbayashi N, Kurabayashi T. Correlation of darkening of impacted mandibular third molar root on digital panoramic images with cone beam computed tomography findings. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009; 38: 11-16.

Tantanapornkul W, Okochi K, Fujiwara Y, Yamashiro M, Maruoka Y, Ohbayashi N, Kurabayashi T. A comparative study of cone-beam computed tomography and conventional panoramic radiography in assessing the topographic relationship between the mandibular canal and impacted third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 103: 253-259.

Terakado M, Hashimoto K, Arai Y, Honda M, Sekiwa T, Sato H. Diagnostic imaging with newly developed ortho cubic super-high resolution computed tomography (Ortho-CT). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 89: 509-518.

Thiago de Santana Santos , Ronaldo de Carvalho Raimundo² , Amanda Rocio Milagros Arias Guillén³ , Emanuel Dias de Oliveira e Silva⁴ Marco Frazão⁵ , Ana Cláudia Amorim Gomes⁶. The use of cone beam computed tomography in dentistry. *Odontol. Clín.-Cient., Recife*, 9 (4) 303-306.

Vandenbergh B, Jacobs R, Yang J. Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. *Dentomaxillofac Radiol* 2008; 37: 252-260.

Vandenbergh B, Jacobs R, Yang J. Diagnostic validity (or acuity) of 2D CCD versus 3D CBCT-images for assessing periodontal breakdown. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 104: 395-401.

Walter, C, Krastl G, Izquierdo A, Hecker H, Weiger R. Replantation of three avulsed permanent incisors with complicated crown fractures. *Int Endod J* 2008; 41: 356-364.

Yajima A., Otonari-Yamamoto M., Sanon T., Hayakawa Y., Otonari T., Tanabe K., et al. Cone-Beam CT (CB Throne®) applied to dentomaxillofacial región. Bull Tokyo Dent Coll 2006;47(3):133-41

Yamad T, Ishihama K, Yasuda K, Hasumi-Nakayama Y, Ito K, Yamaoka M, Furusawa K. Inferior Alveolar Nerve Canal and Branches Detected With Dental Cone Beam Computed Tomography in Lower Third Molar Region. J Oral Maxillofac Surg 2011 Jan 20.

Yang F, Jacobs R, Willems G. Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT. Forensic Science International 2006; 159 Suppl 1: S78-83

Young SM, Lee JT, Hodges RJ, Chang T-L, Elashoff DA,, White SC. A comparative study of high-resolution cone beam computed tomography and charge-coupled device sensors for detecting caries. Dentomaxillofac Radiol 2009; 38: 445-451.

Zhang R, Yang H, Yu X, Wang H, Hu T, Dummer PM. Use of CBCT to identify the morphology of maxillary permanent molar teeth in a Chinese subpopulation. Int Endod J 2011; 44:162-169.

Zhang Z, Qu X, Li G, Zhang Z, Ma X. The detection accuracies for proximal caries by cone-beam computerized tomography, film, and phosphor plates. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2011; 111:103-108

Zöller JE., Neugebauer J. Cone-beam Volumetric imaging in dental, oral and maxillofacial Medicine. Quintessence Publishing. Germany, 2008.

ANEXOS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA