Tomografía computerizada: introducción a las aplicaciones dentales



Arana-Fernández de Moya, Estanislao

Computerized tomography: introduction to dental techniques

Arana-Fdez. de Moya, Estanislao* Buitrago-Vera, Pedro ** Benet-Iranzo, Francisco *** Tobarra-Pérez. Eva ****

- * Médico especialista en Radiodiagnóstico. Servicio de Radiología. Hospital Quirón. Valencia
- ** Médico especialista en Estomatología. Profesor Asociado de Periodoncia. Dept. Estomatología. Facultad de Medicina y Odontología. Universidad de Valencia.
- *** Médico y Odontólogo. Profesor Asociado de Prótesis. Facultad de Odontología. Universidad Cardenal Herrera-CEU. Valencia
- **** Diplomada en Enfermería. Servicio de Radiología. Hospital Quirón. Valencia

Correspondencia

Estanislao Arana-Fernández de Moya Serv. de Radiología. Hospital Quirón Av. Blasco Ibáñez, 14 46010 Valencia E-mail: aranae@uv.es **Resumen:** Introducción y objetivos: La creciente complejidad de las técnicas dentales ha conllevado un aumento paralelo en la demanda de precisión diagnóstica. El desarrollo de la implantología dental ha hecho de la tomografía computerizada (TC) una herramienta de primer orden en la planificación del tratamiento. Nuestro objetivo es exponer las capacidades y características de la imagen de TC a la hora de tomar decisiones informadas e integrar así esta técnica en sus prácticas. Los profesionales dentales deben conocer las posibilidades de la TC al hacer sus solicitudes. *Material y método:* Mediante una revisión de la bibliografía más actual y didáctica describimos las indicaciones actuales de la TC en el campo de la odontología. Explicaremos los fundamentos técnicos de la TC y, por último, describirmos los diferentes tipos de imágenes que se pueden obtener con este procedimiento. Nuestro estudio aborda las indicaciones, tecnología de la TC, consideraciones geométricas y modos de reconstrucción de la imagen. Esta última incluye, representación en superficie, máxima intensidad, representación volumétrica y reconstrucción multiplanar. *Resultados:* Exposición detallada mediante iconografía de las distintas imágenes que se pueden obtener mediante TC según el sistema de reconstrucción utilizado.

Palabras clave: Tomografía computerizada, Procesamiento de Imagen, Asistida por ordenador, Radiografía, Dental.

Abstract: Introduction and goals: The increasing complexity of dental techniques has been correlated with increased diagnostic accuracy. Dental implantology development has placed computed tomography (CT) as the first diagnostic tool in treatment planning. Our aim is to explain the capabilities and features of CT imaging in order to allow dentists to take informed decisions and integrate this technique into their work. Also, they must know CT diagnostic capabilities in their referrals. Objectives: the aim of this paper is to show the surgical technique used. Besides, the indications, contraindications and complications are described. Material and method: By means of a review of the most updated and didactic literature, we describe the current indications of CT in the field of dentistry. Finally, we will explain CT technology and the different kind of images obtained. The article is structured as follows: indications, CT technology, geometric considerations and image reconstruction techniques. This comprises surface rendering, maximum intensity, volume rendering and multiplanar reformatting. Results: Detailed exposition by means of pictures of the different kind of images obtained by CT, according to the reconstruction techniques used.

Key words: Computerized tomography, Image processing, Computer-assisted, Radiograph, Dental.

BIBLID [1138-123X (2006)11:3; mayo-junio 265-380]

Arana-Fernández de Moya E, Buitrago-Vera P, Benet-Iranzo F, Tobarra-Pérez E. Tomografía computerizada: introducción a las aplicaciones dentales. RCOE 2006;11(3):311-322.

Introducción

La necesidad creciente de mayor precisión en los diagnósticos y tratamientos dentales ha provocado un aumento en la demanda de técnicas de imagen cada vez más precisas. Esta situación ha puesto de manifiesto las limitaciones que las radiografías dentales y las tomografías convencionales presentan respecto a su capacidad para proporcionar información cualitativa v tridimensional precisa, identificándose entre sus defectos la distorsión, la borrosidad y la falta de referencia a estructuras adyacentes¹. El desarrollo de programas informáticos específicos ha propiciado la creciente utilización de la TC en el campo de la Odontología. Nuestro objetivo es familiarizar a los profesionales dentales con las capacidades de imagen de la TC para mejorar su toma de decisiones, permitiéndole integrar este procedimiento dentro de su proceso diagnóstico.

Indicaciones de la TC

Entre las distintas técnicas de diagnóstico mediante imagen empleadas en odontología, la TC es el único método que permite valorar adecuadamente el hueso y no provoca distorsiones geométricas^{1,2**}. Sin embargo, y aunque hay autores3*-5 que la señalan como el método ideal para la planificación preimplantológica e incluso en el resto de patologías cuando la ortopantomografía no sea concluyente, aún hay ciertas discrepancias respecto a su uso rutinario en la implantología dental por el efecto adverso que supone la radiación recibida por el paciente.

Tabla 1. Referencias de dosis radiológicas de las exploraciones utilizadas para comparación

	Dosis (mSv)	Nº Equivalente de	Período equivalente de
		radiografías de tórax	radiación natural ambiente
Intraoral	0,002	0,11	1,2 días
<u>Ortopantomografía</u>	0,01	0,5	2,4 días
TC dental* ≤ (0,5 por maxil	ar 25	10 meses
TC tórax	8	400	3 años

^{*} Basado para una técnica de TC dental de 120 kV, < 100 mAs, grosor de corte 1 mm y factor de paso de 1-1,5, basado en Harris D et a^p.

No hay que olvidar que la TC, al igual que la radiografía convencional, se basa en el empleo de una radiación ionizante. Una vez se toma la decisión de solicitar una TC, el paciente debe ser informado, teniendo en consideración sus actividades diarias y el consiguiente riesgo de radiación; todos estamos expuestos de forma constante a radiación ambiental, entre las que se incluven las fuentes artificiales que se estiman constituyen un 15% del total de esa radiación (tabla 1). Sin embargo, con los adecuados ajustes técnicos (fundamentalmente reduciendo la corriente del tubo emisor) es posible reducir la radiación recibida en un 76% sin merma de la calidad. La imagen obtenida tan solo tendría un mayor granulado de las partes blandas pero la afectación tejido óseo sería mínima6*. Otra forma de reducir la dosis de radiación recibida por el paciente sería limitar el área a explorar. Una manera de conseguirlo es excluir las coronas de los dientes. Además de ser la zona clínicamente más accesible, la calidad de la exploración se beneficiaría de la eliminación de los artefactos que provocan los numerosos elementos metálicos que pueden aparecer en

esta zona (obturaciones y prótesis fijas metálicas).

Por último, una posible explicación a la reticencia de ciertos autores a su uso sería la limitación de su utilidad según la experiencia del médico solicitante, tal como se deduce de la recomendación de la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial. Este organismo señala que «la obtención de imágenes y la interpretación de las mismas no sea realizada sin el adecuado entrenamiento y que antes de la reparación o implante, el clínico busque el citado entrenamiento u obtenga la necesaria información radiográfica del radiólogo»^{7*}.

Tal vez, el mejor aval de la fiabilidad diagnóstica de la TC le venga del ámbito legal, al considerarla como la prueba más adecuada para la valoración y el seguimiento implantológico puesto que es el método de imagen que con mayor precisión muestra la anatomía dental y la calidad del hueso subyacente⁸.

Tecnología de la TC

El fundamento básico de la tecnología de TC es que utiliza rayos X, pero no impresionan la película directa-

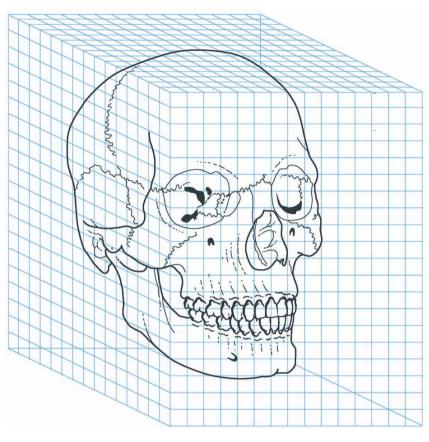
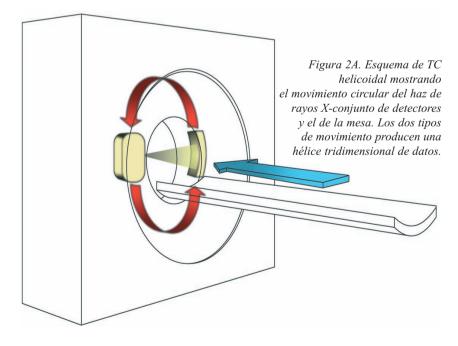


Figura 1. Diagrama marcando los vóxeles del conjunto de datos tridimensional obtenida.



mente. Sin embargo, hav dos diferencias fundamentales con la radiografía: (a) la imagen latente no es captada por una película impregnada con sales de plata, la película radiográfica, sino por unos sensores conectados a un ordenador (similares a los empleados actualmente en la radiografía digital) y (b) el tubo emisor de la radiación no permanece estático como en la radiografía (lo que produce una imagen plana «instantánea», como si fuera una fotografía) sino que se mueve alrededor del área de interés. Estas dos circunstancias determinan las características fundamentales de la imagen de la TC:

- Es una imagen tridimensional. El área explorada se convierte en un volumen constituido por una matriz de volúmenes más pequeños denominados vóxeles -volume elements^{9**}-(fig. 1). (Por analogía, la imagen radiográfica digital es una imagen plana que está constituida por unas unidades mínimas de superficie denominadas píxeles).
- Mayor sensibilidad y poder de discriminación de la atenuación sufrida por el rayo X. Frente al rango tradicional con que se describen las diferentes densidades en la radiografía tradicional -aire, grasa, hueso, metal-, el procesado mediante ordenador permite discriminar muchos más grados de atenuación. Estos valores de atenuación son medidos en una escala denominada de unidades Hounsfield (UH) que, dependiendo del equipo de TC, se sitúan entre -1000 UH de la densidad aire a +1000 UH de la densidad hueso cortical. El gradiente completo de valores de atenuación se representaría por una escala de grises donde la densidad aire tendría un color negro absoluto mien-

tras la densidad hueso cortical estaría representada por el blanco absoluto.

Sin embargo, no todos los equipos de TC son iguales. En las primeras TC, denominadas convencionales, al igual que en la técnica radiográfica de tomografía, el paciente está siempre en la misma posición (normalmente tumbado y quieto) mientras el tubo emisor y los sensores giran a su alrededor. Una vez obtenida una sección (tomos, de ahí el nombre de esta técnica) se desplaza al paciente para conseguir el siguiente corte y así hasta completar de forma secuencial la zona a explorar. Dependiendo de la capacidad de resolución del aparato, el grosor de la sección explorada es mayor (poca resolución) o menor (mayor resolución), aplicándose la calificación de TC de alta resolución cuando el grosor de la zona explorada es de 1,5 mm o menor.

Posteriormente aparecieron los TC helicoidales o espirales. En este tipo de TC, el movimiento rotatorio del tubo y los sensores se produce al mismo tiempo que el paciente se desplaza linealmente (fig. 2A). El resultado es una serie de hélices o espiras (de ahí el término helicoidal) a través del volumen de interés (fig. 2B). Dependiendo de la velocidad de rotación del tubo de rayos X y del desplazamiento de la mesa -nombre de la superficie donde se coloca al paciente- las hélices serán más abiertas o más cerradas, afectando directamente al detalle que obtenga la exploración. El radiólogo puede controlar estos dos movimientos, debiendo optar entre un mayor volumen de zona a explorar con menor detalle o bien aumentar el detalle disminuyendo la zona explorada. Para obtener imágenes de alta

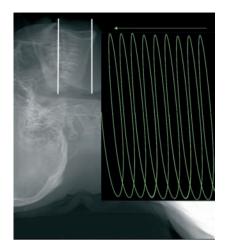


Figura 2B. Radiografía de planificación de una TC mandibular. Las líneas blancas marcan el límite de la zona de exploración. La hélice marca la adquisición helicoidal de los datos en esta zona, con la dirección marcada por la flecha.

resolución con un detalle óptimo es necesario un paso de mesa de 1 mm y en el caso de la planificación preimplantológica se requiere que la rotación del tubo de rayos X sea de al menos un segundo¹⁰.

Consideraciones geométricas

Una vez se ha concluido el barrido de la zona de interés, el ordenador guarda la información de todo el volumen explorado (sería la imagen latente que contiene la película radiográfica antes del revelado). El proceso informático mediante el que esta información se transforma en una imagen se denomina reconstrucción o reformado. La gran ventaja de la TC sobre la radiografía convencional e incluso respecto a la tomografía no computadorizada es que gracias a ese proceso de reconstrucción se pueden

producir imágenes en una orientación distinta a la que se obtuvieron originariamente. Seleccionando la información, podremos obtener diferentes imágenes de la zona explorada sin alterar los vóxeles.

Un ejemplo sencillo de este proceso de reconstrucción o reformado sería el corte según criterios geométricos del volumen (también llamado secuencia) de imágenes de TC de un cráneo completo. De esta manera obtendríamos imágenes planas en los planos axial, sagital y coronal como se ilustra en la figura 3A. Con el «corte» en la dirección X (fig. 3B) conseguimos una imagen axial a través del eje derecha-izquierda). El «corte» en dirección Y daría una imagen coronal del cráneo (fig. 3C)(sería parecida a una radiografía convencional en proyección semi-frontal, similar a la proyección de Waters para la exploración de los senos maxilares). Mediante el «corte» en la dirección Z obtendríamos imagen sagital de cráneo (fig. 3D) (igual a la telerradiografía de cráneo obtenida mediante una proyección lateral). La ventaja de estas imágenes planas obtenidas mediante TC sobre las radiografías convencionales de proyección geométrica similar es la ausencia de superposición de las estructuras situadas por delante o detrás del «corte» además de poder desplazar la posición del corte a lo largo de la dirección seleccionada.

Dada la forma semicircular de las arcadas dentales, un plano sagital a la cresta alveolar sería perpendicular a esta estructura (fig. 4A). Los cortes en este plano sagital mostrarían tan solo una parte de la anatomía dental pero son útiles para valorar el recorrido del conducto óseo del nervio

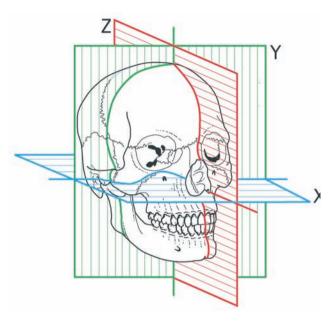


Figura 3A. Definición de los planos axiales, sagital y coronal.

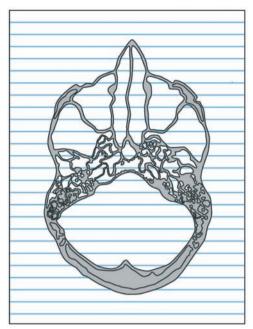


Figura 3B. Plano axial obtenido sobre el volumen de datos.

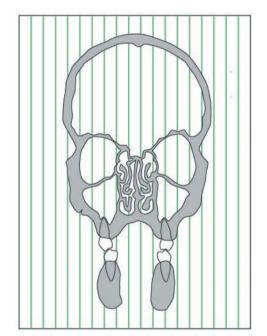


Figura 3C. Plano coronal obtenido sobre el volumen de datos.

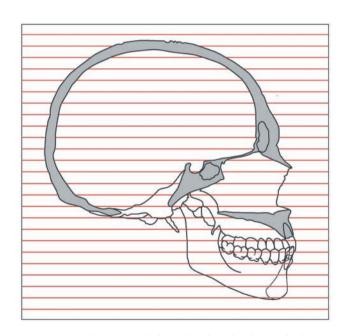


Figura 3D. Plano sagital obtenido sobre el volumen de datos.

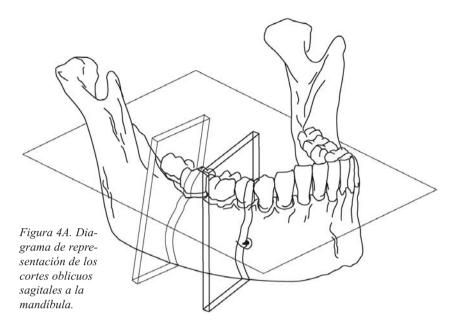
alvéolo-dentario inferior (fig. 4B) o parte de los senos paranasales. Otra ventaja de la TC radica en que con una única exploración podemos realizar todas las reconstrucciones que queramos. De esta manera, podríamos reconstruir la mandíbula por una línea curva que siguiera su forma semicircular, obteniendo una imagen análoga a la ortopantomografía convencional como se muestra en las figuras 5A y 5B.

Modos de reconstrucción de imagen

Una vez el equipo de TC ha terminado el barrido de la zona de interés (pongamos por ejemplo en nuestro caso, el tercio inferior facial) el ordenador contiene una serie de datos en bruto que constituyen el volumen a analizar (utilizando como analogía una preparación histológica, el ordenador tendría un bloque de aire donde estaría incluida la muestra a analizar, en nuestro ejemplo el tercio inferior facial). Dependiendo de cómo le pidamos al ordenador que seleccione esos datos, la imagen tendrá unas características u otras. Y por lo tanto, obtendremos una información u otra8**. Las diferentes maneras que tenemos para seleccionar los datos es lo que se denominan técnicas de reconstrucción de imagen. La misión del odontólogo es transmitir al radiólogo qué información necesita para que éste decida que forma de reconstrucción de imagen es la más adecuada para conseguirla (siguiendo el ejemplo de la preparación histológica, dependiendo del tejido que queramos ver, el anatomopatólogo escogerá la técnica de tinción que ponga en evidencia el tejido de interés. Sin embargo, a diferencia de la tinción histológica que solo puede hacerse una única vez en cada muestra, el ordenador nos permite seleccionar los datos de un mismo volumen de cuantas maneras queramos hasta conseguir la información que necesitamos).

Las técnicas de reconstrucción de imagen de que disponemos son:

- Representación en superficie
- Representación volumétrica
- Proyección de máxima intensidad (MIP)



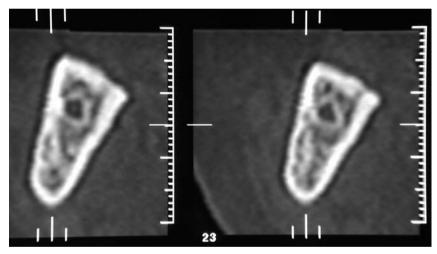
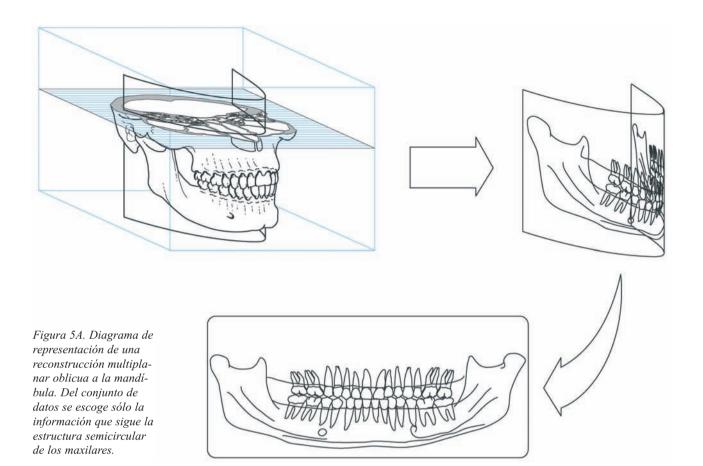


Figura 4B. Imagen de reconstrucción oblicua sagital de TC, con la escala milimetrada a la izquierda.

- Reconstrucción multiplanar (MPR)
Para comprender mejor las diferencias de información que obtenemos, iremos mostrando las imágenes que se pueden obtener de una mandíbula totalmente desdentada según la forma de reconstrucción.

Representación en superficie

Es la primera técnica de representación tridimensional que se suele utilizar y consigue superficies aparentes en el interior del volumen defi-



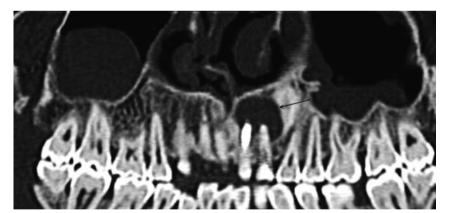


Figura 5B. Imagen de reconstrucción oblicua coronal de TC, con una apariencia muy similar a la ortopantomografía, pero con mucha mayor nitidez. Nótese el quiste radicular en 21 y 22 (flecha).

niendo límites (por ejemplo la superficie del hueso cortical). El resultado son objetos tridimensionales opacos (no dejan ver su interior) que son representados como iluminados por una fuente de luz que su puede modificar en intensidad y localización. La superficie del objeto queda representada con un sombreado que queda definido por la localización de los vóxeles que la constituyen y su orientación respecto a esa hipotética fuente de luz¹º. El radiólogo, conociendo la estructura que deseamos ver, fija los límites de valores de atenuación que la definen (por ejemplo, entre +40 UH y 90 UH para la piel y entre +800 UH y +1000 UH para el hueso) de manera que el ordenador solo incluiría los vóxeles que estén dentro de este rango e ignora el resto (figs. 6A y 6B).

Esta técnica de reconstrucción, en realidad, desaprovecha muchos datos (solo utiliza el 10% de la información disponible) pero tiene la ventaja de que es rápida de obtener y de proce-

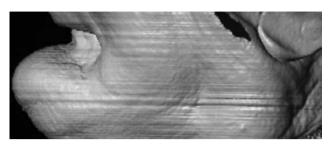


Figura 6A. Representación en superficie de la piel de una paciente desdentada.

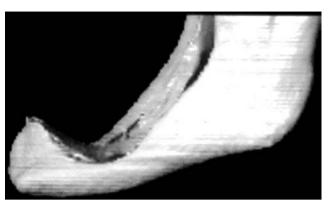


Figura 6B. Representación en superficie del hueso mandibular de la misma paciente.

sar (podemos girar la imagen para verla desde diferentes perspectivas). Su ventaja radica en que nos permite una valoración volumétrica global de una estructura concreta ignorando los tejidos que le rodean (es la representación que suelen emplear los programas de guías quirúrgicas para determinar en que posición y con qué orientación debemos colocar los implantes) (fig. 6C).

Representación volumétrica

Valora todos los datos de volumen «vistos» desde una perspectiva concreta. Para diferenciar las estructuras, el radiólogo asigna diferentes valores de opacidad (que quedarían representados por colores diferentes) en función de los rangos de atenuación que definen a cada tejido¹¹ (fig. 7). De esta manera, podemos diferenciar los tejidos por capas o superposiciones, obteniendo imágenes muy realistas (similares a las mostradas en los atlas anatómicos), útiles para analizar la relación entre las partes blandas y el hueso y especialmente indicadas en el tratamiento de las deformidades faciales.

Al analizar el ordenador varias estructuras anatómicas, se obtiene

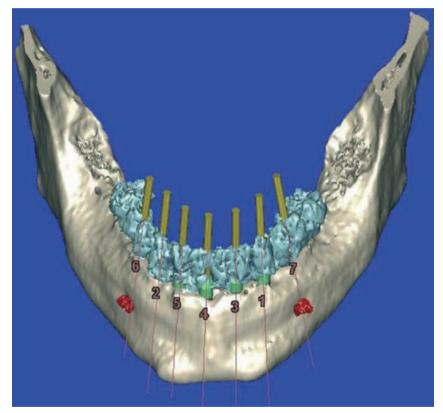


Figura 6C. Imagen de reconstrucción en superficie para planificación dental con programa informático, con la alineación deseada de los implantes dentales.

una imagen a la mayor fidelidad con el paciente real pero tiene el inconveniente de que, al manejar todo el volumen de datos disponible, es necesario emplear ordenadores muy potentes.

Proyección de máxima intensidad (MIP)

Es una forma de representación que permite «buscar» una estructura

anatómica concreta dentro del volumen de datos (por ejemplo, una litiasis salival). Para ello, desde una perspectiva fiia, evalúa cada vóxel a través del volumen de datos (atravesándolo a lo largo de una línea imaginaria desde el ojo del observador), representando sólo aquellos vóxeles que tengan el valor máximo (máxima intensidad de atenuación, de ahí su nombre). A diferencia de la representación en superficie que genera imágenes opacas, esta forma de reconstrucción genera imágenes «transparentes» que permiten «ver» en el interior de las estructuras pero solo desde la perspectiva que hemos elegido (fig. 8). Y en esta característica tam-

bién reside su principal limitación pues al igual que en una radiografía periapical, dependiendo de la proyección, una obturación puede enmascarar una caries, la mayor densidad (atenuación) de un osteoma podría tapar un quiste que estuviera detrás. De esta manera, el radiólogo buscará la

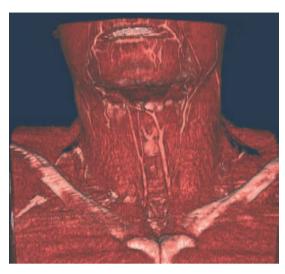


Figura 7. Imagen de representación volumétrica cervical y mandibular de TC con contraste mostrando la contribución de todos los tejidos mandibulares y cervicales. Nótese que gracias al contraste intravenoso se marcan los vasos superficiales.

proyección concreta que permita evitar dichas superposiciones y los enmascaramientos que provocan.

D) Reconstrucción multiplanar (MPR)

A diferencia de los sistemas de reconstrucción previos, el radiólogo no

se basa en las características de atenuación de la radiación sino que obtiene la imagen en función de la interpretación espacial que hace de la zona a explorar. Es decir, que traza un plano por dónde va a ver todo lo que hay en ese conjunto de datos. Es la técnica de representación más fácil e intuitiva, conocida como reformado o reconstrucción multiplanar (MPR) pues para situarla en el espacio utiliza varios planos, empleando el ordenador para «cortar» el volumen global de datos (volviendo al símil de la preparación histológica, el volumen de datos sería el bloque que cortamos con el microtomo, donde la muestra -tercio inferior facialestaría dentro de un bloque de

parafina -aire que rodea la cara del paciente-).

Para orientarse espacialmente, el radiólogo comienza tomando referencias sobre un corte sagital de la cabeza completa (una imagen muy similar a una tele-radiografía). Esta imagen lateral de la cabeza le permi-

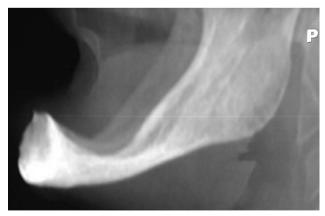


Figura 8. Misma paciente que el de la figura 6 en representación de máxima intensidad.

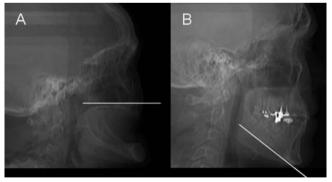


Figura 9. Imagen lateral de cráneo que se utiliza como localizador. La línea marca el paladar duro como plano de referencia (A) para la reconstrucción de imágenes en maxilar superior y (B) la rama mandibular utilizada para las reconstrucciones mandibulares.

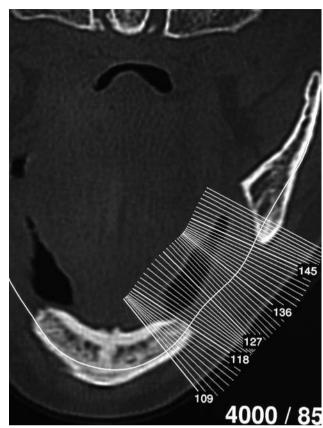
te posicionar el plano de referencia. una línea que constituirá la base del «bloque» rectangular que contendrá la estructura de interés (en el maxilar superior se suele emplear el paladar duro -fig. 9A- mientras en la mandíbula usamos la rama mandibular -fig. 9B-). Tras eliminar el resto de vóxeles, puede ver la posición del maxilar «desde arriba» (es la visión axial donde sitúa los cortes). Y decidir si lo corta de forma sagital (fig. 10A), obteniendo secciones sagitales oblicuas de la mandíbula (fig. 10B) que permiten ver la posición buco-lingual del conducto del nervio alveolo-dentario inferior y su altura respecto a la cortical. O bien, hacer cortes longitudinales paralelos (fig. 11A), consiguiendo reconstrucciones seudoortopantomográficas (fig. 11B) que permiten visualizar el recorrido del canal del nervio alveolo-dentario inferior dentro de la mandíbula.

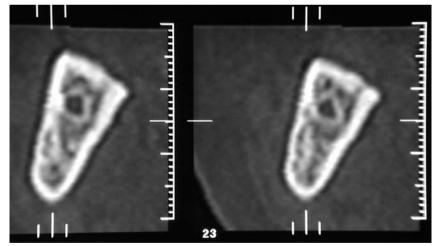
De la misma manera que la inclinación del plano oclusal determina la altura de la corona clínica en las restauraciones¹², la orientación del plano de referencia determina las medidas realizadas sobre los cortes sagitales oblicuos^{13*} (su posición puede verse en una imagen pequeña que aparece en la zona superior de las placas radiográficas). Así, si en una misma mandíbula colocamos el plano de referencia de forma diferente (figs. 12A v 12C), los cortes sagitales oblicuos mostrarán una apariencia distinta y las distancias entre dos puntos serán también distintas (figs. 12B y 12D).

Veamos las repercusiones clínicas a la hora de manejar esta información. A la hora de estudiar el trayecto del nervio alveolo-dentario inferior por el

Figura 10A. Misma paciente que Figura 6. Imagen axial original de mandíbula. Las líneas blancas paralelas marcan el plano de reconstrucción oblicuo sagital a la cresta alveolar.

Figura 10B. Misma paciente que Figura 6. Imagen de reconstrucción multiplanar oblicua sagital mostrando una escala milimetrada en tamaño real, con el canal del nervio dentario inferior en el centro.





canal mandibular para la colocación de implantes, el radiólogo suele situar el plano de referencia paralelo al borde inferior de la rama horizontal mandibular. De esta manera, los cortes sagitales oblicuos muestran la distancia «anatómica» (la mínima posible) entre la cresta ósea y el canal del nervio. Sin embargo, al colocar los implantes en la zona mandibular posterior, nuestras referencias suelen ser el plano oclusal o la inclinación de las raí-

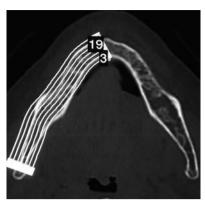


Figura 11A. Misma paciente que fig. 6. Imagen axial original de mandíbula. Las líneas blancas paralelas marcan el plano de reconstrucción oblicuo coronal a hemimandíbula derecha.

ces de los dientes adyacentes y en ambas situaciones, el eje de inserción de los implantes suele situarse oblicuo respecto al borde inferior mandibular. De esta manera, al entrar de forma inclinada, la distancia entre la cortical y el canal del nervio sería mayor a la que muestran los cortes sagitales oblicuos, aumentando la distancia útil de hueso (es la misma situación que ocurre al cortar un salchichón. Si ponemos el cuchillo perpendicular al eje longitudinal, obtenemos rodajas circulares. Pero si inclinamos el cuchillo respecto a ese eje, las rodajas serán elípticas y por lo tanto más largas).

Agradecimientos

Agradecemos a Dña. María Jesús Nava, Licenciada en Filología Anglo-Germánica su ayuda en la corrección del manuscrito

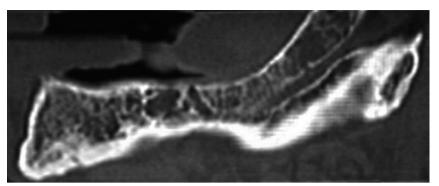


Figura 11B. Misma paciente que fig. 6. Imagen de reconstrucción multiplanar oblicua coronal mostrando el canal para el nervio alveolo-dentario.

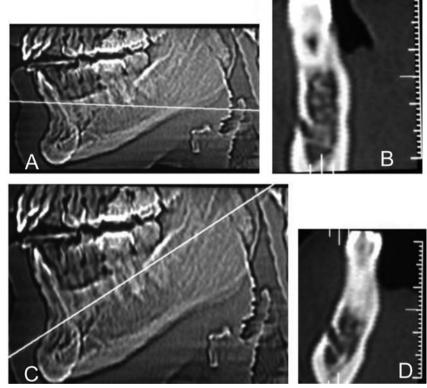


Figura 12. Se muestra en una mandíbula la importancia del plano de referencia en las reconstrucciones oblicuas sagitales. En A se escoge una línea paralela a la superficie oclusal molar, siendo B la imagen obtenida. Cuando se cambia a la línea paralela a la rama mandibular, véase en D la imagen obtenida. Además de que cambia la orientación de la imagen, la distancia vertical (p.ej. medida desde superficie oclusal al foramen mentoniano ha cambiado).

Bibliografía recomendada

Para profundizar en la lectura de este tema, el/los autor/es considera/an interesantes los artículos que aparecen señalados del siguiente modo: *de interés **de especial interés.

- Mupparapu M, Singer SR. Implant imaging for the dentist. J Can Dent Assoc. 2004;70: 32
- 2**. Victoria University of Manchester. Radiation Protection 136. European guidelines on radiation protection in dental radiology. Luxemburg: European Commission, 2004. Resumen completo de las recomendaciones sobre protección radiológica e indicaciones de la radiología dental. Están clasificadas por criterios de importancia según letras.
- 3*. Harris D, Buser D, Dula, K y cols. E.A.O. guidelines fo the use of diagnostic imaging in implant dentistry. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration in Trinity College Dublin. Clin Oral Implants Res. 2002;13:566-70. El más reciente documento de consenso sobre implantes de la Asociación Europea de Osteointegración, introduciendo adecuadamente la dosis de radiación. No contempla consideraciones legales.
- Kraut RA. A case for routine computed tomography imaging of the dental alveolus before implant placement. J Oral Maxillofac Surg. 2001;59:64-7.
- 5*. Hanazawa T, Sano T, Seki K, Okano T. Radiologic measurements of the mandible: a comparison between CT-reformatted and conventional tomographic images. Clin Oral Implants Res. 2004;15:226-32.

- Estudio interesante donde compara varios métodos clásicos, TC convencional y TC helicoidal con reconstrucción multiplanar para valorar la exactitud de las medidas al canal del nerivo alveolo-dentario inferior. Concluyen que lo más precisio es la TC helicoidal con reconstrucción multiplanar.
- 6*. Rustemeyer P, Streubuhr U, Suttmoeller J. Low-dose dental computed tomography: significant dose reduction without loss of image quality. Acta Radiol. 2004;45:847-53
 - Con los ajustes de factores técnicos de la TC (kilovotlaje, miliamperaje, grosor de corte y factor de paso) se puede conseguir una adecuada reducción de la dosis, manteniendo la calidad. Requiere una larga experiencia.
- 7*. Tyndall AA, Brooks SL. Selection criteria for dental implant site imaging: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000:89:630-7.
 - Documento de consenso de la citada academia. Contempla el punto de vista un poco anticuado, con más utilización de tomografía (convencional) en EE.UU de lo que tradicionalmente se ha usado en Europa.
- Scribano E, Ascenti G, Mazziotti S, Blandino A, Racchiusa S, Gualniera P. Computed tomography in dental implantology: medi-

- **co-legal implications.** Radiol Med (Torino); 2003: 105:92-9.
- 9**. Cody DD. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in CT. Image processing in CT. Radiographics. 2002;22:1255-68. Referencias muy didácticas de todos los métodos de recontrucción de imagen. Ejemplos muy intuitivos de todo el cuerpo, incluyendo sólo un ejemplo dental.
- 10*. Gahleitner A, Watzek G, Imhof H. Dental CT: imaging technique, anatomy, and pathologic conditions of the jaws. Eur Radiol. 2003;13:366-76.
 - Aplicaciones dentales generales de la TC. Criterios de calidad en la adquisición.
- Blank M, Kalender WA. Medical volume exploration: gaining insights virtually. Eur J Radiol. 2000;33:161-9.
- González Lafita P, Álvarez Fernández MA, Fernández Vázquez JP, González González I. Planos bioscópicos de interés protésico y su influencia en la altura coronal. RCOE. 2003:8:501-7.
- 13*. Kim KD, H. Jeong HG, Choi SH, Hwang EH, Park CS. Effect of mandibular positioning on preimplant site measurement of the mandible in reformatted CT. Int J Periodontics Restorative Dent. 2003;23:177-83.
 - La inclinación del plano de referencia, en este caso mandibular, determina cómo son la imágenes reformadas