

Ortopantomografía (OPG) VR. Tomografía Computada (TC) en imágenes odontológicas y dentales.

Orthopantomography (OPG) VR. Computer Tomography (CT) in dental images.

Luis Diego Solís Vargas

Estudiante de la Maestría en Física Médica (MFM), Departamento de Física, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), Heredia, Costa Rica.

✉ Contacto de correspondencia: Luis Diego Solis Vargas dsolisluisdiego@gmail.com

RESUMEN

Actualmente, los tipos de imágenes para diagnóstico odontológico más utilizadas son la Radiografía Panorámica Tradicional u Ortopantomografía (OPG) y la Tomografía Computada (TC). Por lo tanto, es importante conocer qué características, ventajas y desventajas ofrecen cada una de ellas en el contexto de la odontología y qué aplicaciones clínicas específicas existen para ellas. El propósito de esta revisión del tema es realizar una comparativa general entre ambas técnicas para proporcionar al odontólogo un marco de referencia que le permita inclinarse por una técnica u otra. La metodología implica una revisión bibliográfica de artículos actuales, los cuales abordan temas poco estudiados en las imágenes médicas del sistema maxilofacial y odontológicas, como lo es el cálculo de dosis y la protección radiológica. Adicionalmente, se exponen de manera suscita los aspectos básicos de la calidad de imagen para ambas técnicas. Como resultado, se expone una comparación entre OPG y TC, con base en una serie de criterios relevantes a nivel clínico. Asimismo, se propone un método sencillo basado en 8 preguntas para que los doctores escojan la técnica adecuada de acuerdo con el propósito que se busque. Se concluye que, con base en una serie de criterios y temas relevantes relacionados con aspectos dosimétricos, calidad de imagen y consideraciones clínicas, se puede escoger el método adecuado para realizar el diagnóstico que el paciente necesita.

Palabras clave: Ortopantomografía, Radiografía, Tomografía, Dosis.

ABSTRACT

Currently, the most widely used types of images for dental diagnosis are Traditional Panoramic Radiography or Orthopantomography (OPG) and Computed Tomography (CT).

Therefore, it is essential to know what characteristics, advantages, and disadvantages each of them offers in the context of dentistry and what specific clinical applications exist for them.

Cómo citar:

Solís Vargas, L. D. La Ortopantomografía (OPG) vr. Tomografía Computada (CT) en Imágenes Odontológicas Dentales. Revista Ciencia Y Salud, 7(1). <https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v7i1.576>

Recibido: 02/Nov/2022

Aceptado: 09/Feb/2023

Publicado: 16/Mar/2023



Therefore, the purpose of this topic review is to make a general comparison between both techniques to provide the dentist with a frame of reference that allows him/her to lean towards one technique or another.

The methodology that was addressed was through a bibliographic review of current articles, which address topics that have been little studied in medical imaging of the maxillofacial and dental systems, such as dose calculation and radiological protection. Additionally, basic aspects of image quality in both types of image acquisition are briefly exposed.

As a result, a comparison between both techniques is exposed, based on a series of clinically relevant criteria. Additionally, a simple method based on 8 questions is proposed so that doctors choose the appropriate technique according to the purpose sought.

It is therefore concluded that, based on a series of criteria and relevant aspects related to dosimetric factors, image quality, and clinical considerations, the appropriate method can be chosen to make the diagnosis that the patient needs.

Keywords: Orthopantomography, Radiography, Tomography, Dose.

INTRODUCCIÓN

La radiografía panorámica OPG y la Tomografía Computada (TC) son técnicas de obtención de imágenes dentales ampliamente usadas en la actualidad por odontólogos y ortodoncistas, así como por médicos para el diagnóstico de enfermedades y para el análisis previo a cierto tipo de tratamiento relacionado con el sistema masticatorio (1, 2).

La Ortopantomografía (OPG) es el examen radiográfico más extendido que se lleva a cabo en la actualidad, por lo que es uno de los más importantes. Esta técnica tiene su origen en el trabajo de los investigadores *Hisatugu Numata* y *Ysro Paatero* que en 1933 y 1948, respectivamente, desarrollaron equipos e investigación en este campo (1). Esta técnica consiste en un emisor de rayos X y un receptor que giran alrededor del paciente de forma sincronizada, pero en dirección contraria. Este tipo de imagen suele ser útil en ciertas aplicaciones clínicas, pero debe considerarse que tiene algunas falencias con respecto a distorsión y poco nivel de detalle (3,4).

En OPG, la radiación ionizante que recibe el paciente, y que se mide en una unidad conocida como Roentgen (5), es relativamente poca y se recomienda el uso de equipo de protección para evitar que los pacientes y el personal ocupacionalmente expuesto se sometan a dosis innecesarias en órganos críticos (6). La dosis, por su parte, en el caso de usar equipo de protección y una serie de recomendaciones básicas, se puede reducir significativamente (7).

Por otro lado, la Tomografía Computada o Computarizada (TC) es una técnica en la que, por medio de un elemento giratorio, que tiene integrados un emisor de rayos X y un conjunto de detectores, se obtiene una imagen reconstruida por medio de métodos matemáticos a partir de proyecciones (métodos derivados del trabajo de *Radon* y *Hounsfield* en 1913 y 1979, respectivamente) (8, 9). Estas imágenes suelen ser sumamente detalladas, pero con algunas falencias relacionadas con aspectos que involucran distancias.

Con respecto a la protección radiológica para TC, es siempre necesario el equipo de protección (10), ya que la dosis en este tipo de examen diagnóstico es sumamente variable (11).

Ambas técnicas se caracterizan por la utilización de radiación ionizante, con el fin de obtener la imagen médica requerida. Para las dos técnicas la dosis de radiación al paciente se considera como relativamente baja, lo cual ha hecho que el estudio de la dosis y la protección radiológica, en este tipo de imágenes diagnósticas, sea un tema con pocos estudios disponibles.

Por otro lado, la calidad de imagen en ambas técnicas es un tema sumamente relevante para que el doctor sea capaz de realizar un diagnóstico adecuado. A pesar de ello, es un tema que tanto para OPG como para CT solo se encuentra en documentos y libros muy especializados de calidad de imagen, imagenología y física médica, así como en artículos e investigaciones que, en su mayoría, son recientes.

Por su parte, la consulta bibliográfica muestra que hay diferencias significativas entre ambas técnicas y que no es lo mismo realizar una que la otra. Por ello, es relevante comparar las ventajas y desventajas que tienen ambas técnicas, con el fin de poder definir criterios de escogencia entre ellas. Por tanto, la existencia de múltiples criterios para escoger una técnica u otra no es trivial y cobra especial relevancia en el campo específico de las imágenes odontológicas.

Por ello, en este trabajo se trata el uso de radiografías panorámicas u ortopantomografía (OPG) convencional y el uso de Tomografía Computada (CT) en odontología, con el fin de comparar ambos métodos de obtención de imágenes diagnósticas. Con ello, se pretende sentar las bases y la teoría para inclinarse por un método u otro, considerando incluso temas poco estudiados como la dosis de radiación y la protección radiológica.

El objetivo es recopilar el conocimiento actual disponible en el campo de las imágenes médicas para tratamientos dentales, con el fin de proporcionar a los dentistas, médicos y pacientes un marco de referencia sencillo para la escogencia de la técnica adecuada para realizar imágenes médicas del aparato masticatorio. Dentro de este propósito se pretende exponer un método sencillo que permita a los doctores inclinarse por una técnica u otra con base en los principales cuestionamientos que deben tomarse en cuenta para escoger el examen requerido, según los aspectos clínicos de cada caso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de esta revisión de tema, se buscaron artículos científicos recientes, comprendidos principalmente entre el 2012 y el 2022. Por su parte, se utilizaron artículos, investigaciones y documentos disponibles en la web que fueron publicados en prestigiosas revistas y bases de datos. Se tomaron en cuenta artículos tanto en inglés como en español para brindar la información más precisa y actualizada, principalmente en los temas referentes a la protección radiológica en el campo odontológico, el cual cuenta con pocas publicaciones en español. Fueron consultados también libros considerados como referentes en los campos de estudio de esta revisión de tema como *The Essential Physics of Medical Imaging* y *Orthopantomography: Evaluation and Treatment*.

Las principales palabras clave en la búsqueda de los documentos fueron: “Ortopantomografía”, “Tomografía Computarizada” e “Imágenes Médicas”. Algunos de los principales buscadores usados fueron *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, *Researchgate* y *Elsevier*. Se usaron varios artículos de prestigiosas revistas científicas en el campo de las imágenes médicas como, por ejemplo: *The Journal of Contemporary Dental Practice* y *The Journal of Oral and Maxillofacial Radiology*.

Por su parte, se consideraron artículos que abordan campos poco estudiados como la protección radiológica y la dosimetría de radiaciones. Se tomaron en cuenta también artículos con propuestas innovadoras de investigación y estudios de temas amplios sobre los tópicos tratados. Todo esto con el fin de brindar un abordaje de la temática que no solo recopila información descriptiva sobre los temas tratados, sino que también aporta una comparación notable entre ambos métodos para obtener imágenes médicas.

RESULTADOS

En esta sección se procede a describir brevemente los procesos actuales para obtener imágenes odontológicas para ortodoncia, así como para otros tratamientos dentales y mandibulares.

Se abordará desde la Ortopantomografía o Radiografía Maxilofacial Panorámica (OPG) hasta la Tomografía Computada para Odontología (TC), describiéndolos y tratando el tema de cálculo de dosis, protección radiológica, así como las ventajas y desventajas para cada método. Al final se hace una comparación descriptiva entre ambas técnicas y métodos en la sección de discusión.

Ortopantomografía (OPG) y aplicaciones clínicas

La OPG consiste en una técnica para la obtención de imágenes médicas de forma externa que se utiliza para examinar ambos maxilares en una placa de rayos X, en la cual la película se coloca de forma externa al paciente durante la exposición a la radiación, por esto se le conoce como una técnica extrabucal (1).

Para lograr la imagen médica, la película y la fuente giran alrededor del paciente, mientras que la placa lo hace en la otra dirección, es decir, el proceso ocurre en direcciones contrarias de una forma coordinada, obteniéndose las imágenes de forma independiente, por lo que luego estas se combinan en una sola película por medio de métodos digitales. De esta forma se crea una imagen general del maxilar y la mandíbula, región anatómica a la que se le suele denominar aparato masticatorio (1, 2).

Dichas imágenes permiten obtener datos para la evaluación de la anatomía normal y la mayoría de las condiciones patológicas que podrían presentarse en la región bucal. La ortopantomografía también se denomina radiografía panorámica en odontología (1).

En cuanto a su clasificación, las radiografías de OPG pueden ser convencionales (usadas relativamente poco en el mercado) o digitales. El término radiografía digital hace alusión a la transformación en unidades computacionales de la información obtenida por medio de un sensor que se coloca de forma intraoral. Dicha información se transmite en una computadora para su tratamiento y reproducción, así como para que el especialista sea capaz de hacer un análisis al ver la imagen.

El propósito y uso de la radiografía panorámica digital en el campo clínico es generar imágenes útiles para el diagnóstico y evaluación de enfermedades dentales. A continuación, se resumen sus objetivos principales (1).

- Detectar lesiones de los maxilares, dientes y sus estructuras.
- Diagnosticar enfermedades fracturas o lesiones.
- Evaluar el daño en dientes golpeados o lesionados.
- Evaluar patrones anormales propios de cánceres óseos.
- Detectar cuerpos extraños, por ejemplo, después de un accidente.
- Obtener información durante tratamientos de ortodoncia.
- Monitorear el crecimiento, en el caso de niños

A pesar de todas estas aplicaciones clínicas, se tiene que los rayos X empleados son los mismos que los usados en radiografía convencional, por lo que se debe ser muy cuidadoso en los procedimientos para que no haya riesgos de que el paciente sea irradiado con una dosis que pueda perjudicar su salud, ya que si se usan los parámetros de exposición correctos, no se tiene la necesidad de sobre irradiar al paciente.

Para ver más detalles de ejemplos de estos parámetros se puede consultar el trabajo realizado por Zurbeldia para la marca comercial de placas radiográficas KODAK (2). Sin embargo, este objetivo no es fácil de lograr

si se considera la extrema variabilidad de la morfología del paciente y el espesor de la estructura que se desea considerar en el estudio. Además, debe tenerse en cuenta innumerables diferencias individuales entre toda la población (2).

Aspectos básicos del equipo de OPG y de la imagen médica obtenida

El equipo de OPG fue perfeccionado durante años en cuanto a técnica e instrumentación hasta llegar a la radiografía panorámica rotacional moderna, la cual se describe brevemente a continuación.

La radiografía panorámica se utiliza ampliamente para obtener un estudio completo de la zona denominada como maxilofacial. Para ello, la tecnología rotacional es la más usada, la más reciente y la que ofrece imágenes de mayor calidad (3). En esta técnica, se produce una imagen radiográfica de un plano curvo que se aproxima a las mandíbulas, en una película en movimiento sincrónico mediante un delgado haz de rayos X que atraviesa las estructuras anatómicas de interés en el paciente (3, 4). La fuente de Rayos X y la película receptora giran alrededor del paciente mientras la película se mueve sincrónicamente de tal manera que las estructuras anatómicas dentro del plano curvo seleccionado se proyectan con un mínimo de borrosidad y deformación, haciendo esta técnica muy efectiva y capaz de otorgar alta calidad de imagen. De esta forma, la anatomía de los maxilares y estructuras adyacentes se proyecta en una sola película haciendo la anatomía del paciente fácilmente visible para cualquier doctor u ortodoncista (4).

Por lo general, en cuanto a calidad de imagen, la radiografía panorámica representa visualmente todos los dientes y la mandíbula, pero solo aquellas estructuras dentro de una capa relativamente estrecha alrededor del plano curvo aparecen con un enfoque nítido y en sus proporciones adecuadas (4).

Las imágenes de estructuras fuera de la capa están borrosas y son demasiado anchas o estrechas, además presentan un defecto conocido como “Fantasma”. Por su parte, dependiendo de si las estructuras estaban del lado de la película o en el lado de la fuente al momento del escaneo, se presentan diferentes defectos y distorsiones (4). Por esta razón, el posicionamiento del paciente es fundamental en radiografía panorámica.

Protección radiológica básica para OPG

En este apartado se procederá a tratar puntos importantes referentes a la protección radiológica del paciente y del personal ocupacionalmente expuesto (POE).

Protección del paciente: la estabilización de la cabeza del paciente antes de la exposición reduce la borrosidad, el corte y los defectos de la imagen, utilizando la menor radiación posible. Toda exposición a la radiación debe basarse en el principio de que debe ser tan bajo como sea razonablemente posible y las imágenes odontológicas no son la excepción (5).

En este punto es importante mencionar que la forma de medir la cantidad de energía que es cedida por la radiación ionizante es por medio de una unidad conocida como Roentgen (R) (5). Para profundizar sobre esta unidad de medida y su trasfondo físico se puede consultar a Martin (5).

Para una OPG común, la exposición de la piel para una película única es aproximadamente de 217 mR y la dosis de gónadas es de una en 10 mil de la exposición total (0.02 mR) (6). Se recomienda, por lo tanto, el uso de delantales de plomo, ya que reducen la radiación dispersa en un alto porcentaje (98%) y disminuyen la dosis a 0.04 μ R (6). Esto es 60 veces menos que la dosis recibida en un vuelo de avión regular.

Otro equipo de protección es el collar tiroideo, ya que atenúa la radiación, dejando solo una dosis efectiva de 4% de lo que podría ser sin collar. Por lo tanto, debe usarse siempre que sea posible collar tiroideo y delantales de plomo (6). Los soportes de película, un dispositivo para mantener la película estable, evitan la exposición innecesaria de los dedos del paciente, ya que no tiene que sujetar nada con sus manos (6).

En el caso de las mujeres embarazadas, debe considerarse que el mayor riesgo para un feto está entre las 8 y 15 semanas de embarazo. Por lo tanto, se debe evitar el examen radiológico en este periodo (6). Además, debe considerarse que en las primeras etapas de embarazo se aconseja el examen radiológico solamente si hay de por medio un compromiso mayor para la salud de la madre. En este caso es obligatorio el uso de delantales plomados y otros procedimientos de reducción de dosis más avanzados (6).

Protección del personal ocupacionalmente expuesto: hay dos fuentes de radiación, el tubo de rayos X que es la fuente primaria (sin embargo, muy rara vez el personal ocupacional estará directamente expuesto al haz (6), y la fuente secundaria que es el paciente, el cual se puede ver como una fuente de radiación dispersa una vez que el haz ha interactuado con él (6). Por tanto, cualquier procedimiento que reduzca la exposición del paciente también reduce la dosis a la que se ve sometida el operador.

En la mayoría de los casos, el principal determinante de la exposición ocupacional es la proximidad del personal al paciente cuando se realizan exposiciones (6). Es decir, aumentar la distancia existente entre el operador y la fuente es muy efectivo. Esto debido a que la exposición disminuye al inverso del cuadrado de la distancia (ley del cuadrado inverso) (5). De acuerdo con esto, el operador debe estar al menos en 6 pies (182 cm aproximadamente) del paciente en un ángulo de entre 90 y 135 grados con respecto al rayo central del haz (6).

Ahora, en cuanto a blindaje, este implica que cierto material (cómo por ejemplo hormigón y plomo) atenúa la radiación cuando se coloca entre la fuente y el técnico operador (5). Por lo tanto, puede tenerse una barrera protectora entre el paciente y el operador que debe tener al menos 1.5 mm de plomo o su equivalente. Por su parte, el delantal y guantes protectores para manos deben tener una equivalencia mínima de 0.25 mm de plomo (6). Para entender mejor este concepto, un milímetro equivalente de plomo atenúa el 99% de un haz de 75 kVp en condiciones normales de operación (6).

Cálculo de dosis para OPG

La ortopantomografía es una técnica de imagen muy importante en el diagnóstico dental, por ello, aunque la exposición que genera a las personas es relativamente baja en comparación con otros exámenes radiológicos, sigue siendo el tipo de imagen médica que usa rayos X más ampliamente usada. Por eso es importante estimar la dosis absorbida en órganos críticos (7). Esta estimación puede hacerse con cierto grado de facilidad por medio de medición directa, usando técnicas relativamente simples como, por ejemplo, las placas dosimétricas mientras se varían experimentalmente los distintos parámetros involucrados (7).

Estos parámetros en el equipo de rayos X, son, por ejemplo, el kilovoltaje pico del tubo kVp, la intensidad de corriente del tubo (mA) y el tiempo de exposición, los cuales afectan la dosis absorbida por órganos críticos. Como se puede esperar ante tanta variación, hay marcadas diferencias en la dosis absorbida por los órganos según diferentes estudios. Esta diferencia se debe principalmente a los distintos parámetros de exposición utilizados en los dispositivos de diferentes marcas y especificaciones (7). A pesar de ello, como se mencionó anteriormente, aunque predecir la dosis recibida es complejo, calcularla es un proceso más manejable, basado en las técnicas existentes actualmente.

Por su parte, la exposición en un equipo digital es más baja que con los dispositivos no digitales, debido a la mayor sensibilidad de los detectores digitales en comparación con los sistemas de pantalla-película, por lo que se espera que las dosis absorbidas en equipos de imagen digital sean significativamente más bajas que las de los otros dispositivos analógicos convencionales (7).

Tomando esto en consideración se tiene que existen varios estudios en la literatura que evaluaron dosis en OPG. Uno de los más completos es el realizado por Moghadam y otros (7). En este estudio, las dosis a los órganos radiosensibles en OPG se estimaron con un maniquí de cabeza pediátrico y la utilización un colimador corto para reducir la dosis. A continuación, se exponen los principales hallazgos de este estudio.

Se demostró que el uso de un colimador corto (un elemento especial para bloquear el haz de radiación parcial y geoméricamente) reduce la dosis al cerebro y los ojos en un 57% y 41%, respectivamente. La dosis se estimó midiendo la densidad óptica neta (NOD) en placas dosimétricas, para correlacionar esta con la dosis absorbida según las propiedades del fabricante de las películas detectoras utilizadas.

En conclusión, se puede decir que el uso de sistemas digitales reduce directamente la dosis y que si se usa un sistema para colimar el haz, se logra variar la dosis total absorbida. Es decir, que si variando la intensidad del haz mediante un colimador se logra una calidad aceptable mínima de la imagen, se puede tomar en consideración para irradiar lo menos posible al paciente.

Esto cobra especial importancia si, por ejemplo, se va a irradiar a una paciente embarazada, en una situación de alta criticidad que requiera del examen OPG. De igual forma, esto se vuelve sumamente relevante si se desea hacer un examen de OPG a un paciente que ya ha recibido altos niveles de radiación por medio de otros exámenes radiológicos, esto con el fin de mantener la dosis lo más baja posible.

Calidad de imagen en OPG

Uno de los aspectos más importantes a evaluar en esta revisión de tema es la calidad de imagen en OPG, la cual, al ser una metodología complicada, presenta numerosas afectaciones que pueden interferir con el diagnóstico. Esas limitaciones se pueden resumir de la siguiente manera según su causante (1):

- Errores del operador o técnico.
- Artefactos debidos al paciente.
- Artefactos generados por características propias o fallas de la máquina.

Los errores que tienen relación con el paciente son los más comunes y se pueden clasificar en (1):

Errores de preparación del paciente: en dicha categoría se encuentran los errores más simples, como la realización de estudios en los que el paciente se queda con prótesis dentales removibles, aretes, collares, o cualquier elemento extraño. Todos estos objetos, por su alta opacidad, pueden interferir con las estructuras en el estudio, provocando imágenes que no permitan observar ciertas zonas de la anatomía (1, 2).

Errores de instrucción al paciente: las instrucciones dadas al paciente son un elemento crucial para el éxito de la radiografía. El técnico debe transferir claramente toda la información al paciente para obtener un procedimiento radiográfico correcto (1).

Se debe recordar al paciente que se quede quieto y darle instrucciones sobre la correcta posición de la lengua en el paladar duro. El mal posicionamiento de la lengua puede ocasionar artefactos y problemas con la imagen. Desafortunadamente, a veces es difícil lograr estas condiciones con pacientes pediátricos o adultos con alguna discapacidad. Los médicos y odontólogos deben conocer si existe alguna limitación en la imagen como consecuencia de alguna condición especial del paciente (1).

Errores de ubicación de la película: la ubicación incorrecta de la película o del soporte puede generar un contacto anormal con el hombro del paciente. Tal contacto puede interferir con el sistema (1). Obviamente, esto puede ser propiciado también por la conformación física particular del paciente (cuello corto, prominencia de hombros entre otros). Por esta razón se debe revisar la ubicación de la película para cada paciente en particular.

Errores de colocación del paciente: estos repercuten directamente en la afectación de la calidad de la imagen en general al salir imágenes “fantasmas”, es decir, distorsiones en la imagen, pérdida de resolución espacial y anatómica entre otras. Estos errores pueden verse ilustrados y detallados en los trabajos realizados por Rodríguez (1) y Zubeldia (2). De igual manera, en el documento preparado por Zubeldia para KODAK (2) es posible ver en 10 pasos la forma correcta de realizar una ortopantomografía y como evitar los principales problemas de calidad según esta conocida y difundida marca de películas para placas de rayos X.

Ventajas y desventajas OPG

A continuación, se exponen las principales ventajas y desventajas de las radiografías maxilofaciales OPG (1).

Ventajas

- Se requiere menos dosis de radiación que una radiografía convencional. Los tiempos de exposición para radiografía digital son mucho menores.
- Se puede manipular informáticamente la imagen para efectos diagnósticos sin necesidad de irradiar al paciente nuevamente.
- El análisis de la imagen se pueden hacer en mediciones de distancias y densidades.
- Tiene costos generales más bajos.

Desventajas

- Costos iniciales relativamente altos para adquirir los equipos y sistemas.
- Presenta mayor distorsión geométrica y aumento irregular.
- No se observa ciertas estructuras anatómicas de interés.

Tomografía computada (CT) y aplicaciones clínicas

A continuación, se expone la siguiente técnica que es la Tomografía Computada (TC) o *Computed Tomography* (CT) en inglés, la cual emplea un haz de rayos X en gran medida colimado, el cual es absorbido por varios tejidos dentro del organismo, según el coeficiente de atenuación de dichos tejidos (8). Los fotones que atraviesan al paciente son recogidos por detectores que muestran una tasa de intensidad en una escala de grises, según el grado de absorción en el tejido (8).

El haz de rayos X de los escáneres de TC está rotando en un elemento complejo conocido como *Gantry*, el cual emite y capta la radiación, así como los datos simultáneamente, para que después, por medio del análisis matemático, el sistema sea capaz de obtener un valor de absorción para cada punto dentro de un corte de TC.

Este análisis matemático parte del trabajo del ingeniero *Godfrey Hounsfield* permitió un proyecto mediante el cual, con la ayuda de una computadora, se podía reconstruir la representación de un objeto a partir de una serie de mediciones de absorción de rayos X. Esta técnica se conoció posteriormente como tomografía axial computarizada. *Godfrey* fue galardonado con el Premio Nobel en 1979 y se le considera el precursor de esta tecnología (8).

Por su parte, basado en este análisis matemático, la Tomografía Computarizada es capaz incluso de generar imágenes en 3D mediante complejos algoritmos de reconstrucción. Un escaneo 3D permite a los médicos visualizar los huesos, nervios, articulaciones, senos nasales y otras estructuras mucho más complejas de una forma más detallada que en una radiografía panorámica normal OPG (8). Según lo anterior, la necesidad creciente de mayor precisión en los diagnósticos y tratamientos dentales ha generado un incremento en la demanda de estos tipos de radiodiagnósticos, ya que la alta demanda ha creado que se expongan claramente las falencias y desventajas que se tienen en los estudios OPG.

Entre las técnicas disponibles de imágenes médicas empleadas en odontología, la TC es el único método confiable que permite valorar adecuadamente el hueso, sin que haya distorsiones espaciales significativas, además la TC resulta ser imprescindible para el diagnóstico previo a un implante o cuando haya lesiones o problemas óseos complejos (8).

No hay que olvidar que este tipo de imagen diagnóstica, al igual que la radiografía convencional, se basa en el empleo de radiación ionizante, por lo que también se revisó investigaciones previas sobre la dosis absorbida y protección radiológica para TC.

Aspectos básicos del equipo de TC y principios de obtención de imagen

El equipo más básico para Tomografía incluye un tubo de rayos X y una serie de detectores que funcionan como película radiográfica. Estos son capaces de girar alrededor de un punto fijo en un elemento con movilidad mecánica rotacional conocido como *Gantry*.

El proceso comienza con el tubo de rayos X y el sistema de detectores (que se mencionó anteriormente), colocados en lados opuestos del *Gantry* (9). La fuente va rotando con respecto a un punto focal en un plano de interés, mientras los rayos X atraviesan el objeto de estudio y llegan hasta el sistema de detectores que posteriormente va a generar la imagen por medio de procesamiento digital (9).

Es también importante saber que los principios matemáticos para la reconstrucción de imágenes en TC fueron desarrollados por primera vez por *Radon* en 1917 (9). Su trabajo demostró que se puede producir una imagen reconstruida de un objeto desconocido si se tiene un número infinito de proyecciones a través del objeto. De esto se valen los algoritmos de reconstrucción para generar las imágenes médicas obtenidas por medio de esta técnica. Por lo tanto, se puede decir que el fundamento básico de la tecnología de TC se centra en la utilización de rayos X, sin embargo, la imagen no se forma sobre una película directamente. Por ello, hay dos diferencias fundamentales con respecto a las radiografías panorámicas o convencionales (9):

- No se usan películas impregnadas de sales de plata como en la radiografía convencional, sino más bien una serie de detectores de radiación como se mencionó previamente.
- El tubo emisor de la radiación no permanece estático, sino que rota en conjunto con el sistema de detectores.

Finalmente, cabe destacar que en esta revisión del tema, los valores de atenuación ya reflejados en la imagen son medidos en una escala de grises en la imagen denominada Unidades *Hounsfield* (UH), cuyo nombre se debe al investigador del cual se habló en la sección anterior. Normalmente las UH dependen del equipo de TC y se sitúan entre -1000 UH que corresponde a la densidad aire y a +1000 UH correspondiente a la densidad del hueso cortical (9).

Protección radiológica para TC

Para realizar un examen médico que emplee rayos X, tal cual se mencionó en el apartado de OPG, se deben considerar dos factores principales como fuentes de radiación y, por lo tanto, de dosis: la unidad de rayos X directamente y el paciente como fuente secundaria de radiación dispersa (5).

Basándose en el principio de que la dosis entregada al paciente o al personal ocupacionalmente expuesto debe ser la mínima, se pueden reducir la dosis al aumentar la capacidad del receptor de imágenes, así como la velocidad de captura. Además, se puede colimar el haz u oponer un blindaje para atenuar la radiación al igual que se vio en la sección anterior (10). Existen varias formas de reducir la dosis de la misma forma en la que se hace con las radiografías convencionales o en OPG, por lo que a continuación se expondrá información referente a equipos de protección para TC.

Con base en esto, se recomienda el uso de dispositivos de protección que incluyen desde un collar plomado para tiroides (naturalmente para la protección de la glándula tiroides), gafas plomadas para la protección del ojo, un sombrero plomado para la protección del cerebro y un delantal plomado para la protección del tórax (10).

En cuanto al uso de collar tiroideo, ha habido controversia entre los investigadores de si es realmente efectivo en TC, puesto que el haz está rotando alrededor del paciente. Para determinar esto, se han hecho estudios, como los de la Comisión Europea (10), cuyo objetivo principal fue identificar la efectividad de un collar de tiroides en la reducción de la dosis de la glándula. En este estudio, se probaron cinco factores de la siguiente manera (10):

- Sin collar alrededor del cuello.
- Con un collar holgado en la parte delantera del cuello.
- Con dos collares holgados en el parte delantera y trasera del cuello.
- Con un collar ajustado solo en el frente del cuello.
- Con dos collares ajustados en la parte delantera y trasera del cuello.

Los resultados han mostrado que cuando los collares de tiroides se usan holgadamente alrededor del cuello, no se observa una reducción eficaz de la dosis (10). Cuando el collar de tiroides se usa firmemente ajustado en la parte delantera del cuello, la dosis efectiva en la tiroides y en el esófago se reduce en hasta 41,7% (10). Una reducción de dosis similar (46,5% y 41,7%) se logra cuando el escaneo se realiza con dos collares bien colocados en la parte delantera y trasera del cuello (10). Este estudio confirmó la importancia del uso de un collar de tiroides durante una exploración de TC.

En otro estudio recopilado también por la Comisión Europea (10) se escanearon diferentes regiones orales y maxilofaciales con un fantoma equipado con un collar firmemente ajustado al cuello. Los resultados también revelaron la importancia del uso de collares de tiroides (se logró una reducción de la dosis en la tiroides de hasta 61% para un FOV (Field of View) grande, una reducción de la dosis del 72% para un FOV medio, y de un 70% para un FOV pequeño) (10).

Asimismo, el uso de anteojos plomados durante un examen TC también ha sido objeto de estudio de varios investigadores. En algunos estudios realizados se han usado tres fantomas que representan regularmente a un hombre adulto, una mujer adulta, y a un niño. Los resultados mostraron que la dosis de radiación en el ojo podría reducirse en más de 60%, sin tener un efecto sobre la calidad de la imagen usada en odontología (10). Considerando lo anterior, se puede decir que es imperativo el uso de collar tiroideo firmemente ajustado al cuello y el uso de lentes plomados para el examen TC específicamente para imágenes maxilofaciales.

Cálculo de dosis para TC

Se han realizado muchos estudios para estimar las dosis efectivas de diferentes equipos de CT. Sin embargo, no se puede hacer una comparación simple ya que se han reportado diferencias significativas en la dosis para el mismo examen, pero para diferentes equipos (11).

También se han reportado diferencias significativas en la dosis para diferentes técnicas con el mismo equipo. Por ello, los resultados suelen ser difíciles de comparar en especial cuando se han utilizado varios maniqués y dosímetros. Por esta razón, es que la dosis es muy específica para un determinado equipo y no suele ser fácil de calcular (11).

Para evitar estas limitaciones de la investigación *Ludlow* y otros y *Pauwels* y otros citados por *Li* (11) indagaron sobre la dosis efectiva de varios equipos, utilizando los mismos dosímetros (TLD) y los mismos fantomas,

esto con el fin de reducir la variabilidad en las mediciones. Aunque los fantasmas y dosímetros empleados en los estudios tuvieron muy poca variación experimental, todavía se aprecia que la dosis efectiva es bastante diferente de un equipo a otro, independientemente del tamaño del campo de visión (FOV) utilizado (11).

Haciendo un análisis más detallado de las investigaciones realizadas y consideradas en esta revisión de tema, puede verse que la dosis efectiva está estrechamente relacionada con los parámetros utilizados para el examen. A este conjunto de parámetros para un caso específico se le suele denominar protocolo. Dado que un protocolo es una combinación de kVp, mAs, tiempos de exposición, tamaños de vóxel, entre otros factores, se puede afirmar que la dosis efectiva está en realidad estrechamente relacionada con los parámetros de exposición elegidos (11).

El campo de visión (FOV), otro parámetro configurable en el equipo, es un factor que juega un papel importante en la evaluación de la dosis efectiva en TC. Cuando los parámetros de exposición como kVp y mAs se mantienen al mismo nivel, cuanto mayor sea el FOV utilizado, mayor será la dosis efectiva obtenida y esto lo han demostrado varios autores en sus trabajos (11), lo que lo vuelve el principal elemento a revisar dentro de los protocolos.

Calidad de imagen TC

A continuación, se exponen los principales factores que afectan la calidad de las imágenes TC (12):

- Tamaño del detector. El ancho del detector y la frecuencia de muestreo de dichos detectores son factores que influyen en la resolución que el equipo es capaz de brindar.
- Filtro de reconstrucción. Gran parte de la reducción en la resolución espacial se realiza de forma intencionada mediante métodos informáticos. Esto se logra mediante la selección de un “filtro” de reconstrucción con una resolución significativa a altas frecuencias espaciales, en un esfuerzo por reducir la aparición de ruido en la imagen.
- Los kVp, mA y el tiempo son determinantes fundamentales de los niveles de dosis utilizados para la exploración de TC y tienen un impacto fundamental en los niveles de ruido en las imágenes de TC.
- Grosor de corte (un parámetro a considerar en el protocolo). Las imágenes más gruesas son menos ruidosas que las imágenes más delgadas adquiridas con los mismos niveles de técnica.
- Filtro de reconstrucción (retroproyección filtrada). La elección adecuada del filtro de reconstrucción da como resultado una compensación fundamental e importante entre la resolución espacial y el ruido de la imagen.
- Método de reconstrucción. El uso de métodos de reconstrucción de TC iterativos puede reducir significativamente el ruido de la imagen en comparación con la reconstrucción con retroproyección filtrada.

Como puede verse, la calidad de imagen en TC está muy relacionada con el protocolo que se elija y con el tratamiento computacional que se haga a las imágenes, por lo que la calidad de estas puede mejorarse en un proceso versátil según las necesidades que se tengan. Sin embargo, si no se hace este proceso con la rigurosidad necesaria, lograr imágenes de calidad puede ser un reto complejo.

Ventajas y desventajas de TC

En esta sección se exponen las principales ventajas y desventajas de la TC en general y en diagnóstico odontológico específicamente:

Ventajas (13)

- La TC produce imágenes de muy alta resolución. La escala de grises de la que es capaz la TC puede proporcionar variaciones sutiles en la densidad del tejido que no son discernibles con radiología convencional o por medio de OPG.

- El examen CT permite la reproducción y reconstrucción de todas las secciones transversales del paciente en una sola adquisición de datos, es decir, sin mover el paciente o reconfigurar la máquina de rayos X, ahorrando tiempo y reduciendo problemas relacionados con el posicionamiento del paciente.
- La existencia de programas especiales de software de procesamiento dental, que son capaces de reconstruir una tomografía computarizada en 3D, proporcionan panorámicas y vistas cuyas aplicaciones clínicas son ilimitadas.
- La posición de las estructuras críticas se puede evaluar con precisión.
- En procedimientos complejos como implantes dentales o tratamiento de lesiones óseas complicadas, la TC es una herramienta de uso incuestionable en odontología y medicina. Incluso algunos autores señalan que si no se hace una TC se podría en riesgo al paciente (13).

Desventajas (8)

- Dado que las medidas o píxeles que forman la imagen representan subdivisiones del espacio, el efecto de desenfoque es mucho mayor que en los sistemas radiográficos convencionales.
- La resolución de la imagen está limitada por el tamaño representado por el píxel.
- La medición de distancias, proporciones y áreas no es tan exacta como lo es en las radiografías convencionales.
- Los objetos metálicos, como los empastes, producen rayas en la imagen de TC.
- Costo en general y de mantenimiento elevado.

Discusión

Con base en los resultados expuestos en la sección anterior, se tiene que la radiografía panorámica OPG, es una prueba muy útil para tener una visión general del estado de la boca del paciente, ya que permite detectar una serie de aspectos de interés para los doctores. Durante muchos años ha sido el método predilecto en las consultas de los odontólogos y ortodoncistas (14), esto debido a la cantidad de información que proporciona y la ayuda que supone para el odontólogo tener esa información antes de realizar un determinado tratamiento.

Sin embargo, dependiendo del diagnóstico requerido, la OPG no proporciona información suficiente. Por ejemplo, para colocar un implante, que es un tratamiento muy común en la actualidad. Para ello es necesario conocer con mucho detalle las características de la zona bucal donde se va a colocar dicho elemento.

Por su parte, con una imagen TC, se pueden obtener imágenes reales, es decir, sin distorsiones y en 3D, de la totalidad del aparato masticatorio del paciente. Además, con el uso de un software adecuado es posible obtener información adicional de interés.

Así mismo, existen paquetes informáticos en el mercado que permiten, con base en las imágenes de TC, hacer tratamientos más específicos que con OPG como, por ejemplo, planificar un implante y hacer simulaciones de cómo se vería el paciente con dicho implante. También estos paquetes informáticos permiten reducir la dosis de radiación absorbida por el paciente y en algunos casos mejorar la calidad de las imágenes, relacionando todos los aspectos relevantes detallados en la sección de resultados. Dicha comparación se muestra en la siguiente tabla, en la que se pueden ver diferentes criterios relevantes y su calificación para las dos técnicas, según la categorización: bajo, medio, alto.

Tabla 1. Comparación detallada entre las técnicas TC y OPG

Criterio de comparación	Técnica	
	Tomografía Computada (TC)	Radiografía Panorámica (OPG)
Deformación geométrica y falta de proporcionalidad.	Baja: la imagen por CT suele ser concordante con la anatomía respecto a proporcionalidad, geometría y forma.	Alta: la imagen OPG tiende a deformarse y presentar distorsión principalmente en los huesos maxilares y regiones más alejadas del centro de la imagen.

Importancia del posicionamiento del paciente.	Media: este criterio es relevante en TC, pero se puede lograr mediante técnicas de inmovilización o sedación con los instrumentos adecuados.	Alta: una mala posición del paciente o del equipo y sus componentes, puede implicar en una imagen de mala calidad, lo cual incrementa la dificultad de la realización de este examen en pacientes pediátricos y con discapacidad.
Importancia del uso de equipo de protección radiológica.	Alta: el uso de equipo de protección se considera obligatorio. El uso de collares tiroideos, guantes y lentes plomados, así como otros equipos de protección, es necesario para reducir la dosis total.	Media: el uso de equipo de protección es recomendable. La radiación recibida es relativamente baja, pero se recomienda el uso de equipo de protección para no exponer al paciente a niveles incensarios de radiación, principalmente en toroides y gónadas.
Complejidad en la estimación de la dosis de radiación.	Alta: existe una serie de parámetros que influyen en la dosis recibida, la cual suele ser diferente entre los distintos protocolos, equipos, marcas comerciales y tratamientos.	Media: con base en los métodos y técnicas actuales disponibles en el mercado, es factible estimar la dosis para casos específicos con mayor facilidad que en CT.
Facilidad de medición de distancias, proporciones y áreas.	Baja: la imagen TC no muestra de forma confiable aspectos dimensionales.	Alta: las mediciones de aspectos relacionados con distancias son fácilmente realizables en cualquier imagen.
Facilidad en la observación de detalles en la imagen.	Alta: puede verse desde huesos, tendones, músculos y demás elementos anatómicos con mucha facilidad.	Baja: la imagen no es capaz de proporcionar detalles anatómicos o estructurales con un nivel de detalle alto.
Precisión.	Alta.	Baja
Capacidad de evaluación completa y detallada del hueso.	Alta: realizable fácilmente en cualquier escenario.	Baja: sumamente limitada y no realizable en algunos casos.
Afectación en la calidad de imagen debido a objetos metálicos incorporados en paciente (amalgamas, clips, brackets etc.).	Media: se presentan algunos defectos en la calidad de imagen que en algunos casos pueden corregirse con ciertos tratamientos digitales.	Alta: los objetos metálicos pueden hacer una imagen médica de OPG inutilizable.
Costo del procedimiento.	Alto.	Bajo-Medio.

Con base en lo expuesto hasta el momento, en esta revisión de tema se pretende aportar un método simple que permita a los odontólogos escoger de forma sencilla cuál tipo de técnica emplear con base en la realización de 8 preguntas fundamentales. Estas preguntas derivan de los resultados de la revisión de tema realizada. Básicamente la propuesta se basa en que el doctor puede realizar la serie de preguntas que se muestran en la siguiente tabla y, si la respuesta es afirmativa, colocar un 1 (equivalente a un punto) en los espacios de la tabla que ya tienen un 1 asignado, en caso contrario colocar un 0.

Al final se cuentan los puntos y se escoge la técnica con mayor puntuación. Por su parte si hay un empate, el criterio de escogencia debe basarse en temas más específicos.

Tabla 2. Método de escogencia de técnica basado en 8 preguntas básicas

Pregunta: (mantener el 1 si la respuesta es afirmativa, en caso contrario colocar 0)	Puntos por pregunta	
	TC	OPG
¿Se requiere una imagen con geometría precisa y sin deformaciones?	1	0
¿El paciente es un infante o una persona de movilidad o capacidades limitadas?	1	0
¿Es absolutamente necesario calcular la dosis de radiación que la persona va a recibir? (mujer embarazada, persona previamente irradiada de forma significativa, etc.)	0	1
¿Se va a necesitar calcular distancias, áreas o proporciones con la imagen médica?	0	1
¿Se va a requerir un alto nivel de detalle en la imagen médica para hacer un diagnóstico certero?	1	0
¿Se desea evaluar el hueso? ¿Se desea hacer un análisis para evaluar la posibilidad de un implante dentario?	1	0
¿Se desea irradiar lo menos posible al paciente? ¿Se desea usar la menor cantidad de equipo de protección radiológica?	0	1
¿Es el presupuesto del paciente limitado?	0	1
Total (suma de todos los puntos de forma vertical)	4	4

CONCLUSIÓN

Las imágenes obtenidas por radiografías panorámicas convencionales u ortopantomografía ofrecen una alternativa bastante confiable para el doctor tradicional, aunque estas pueden mostrar distorsión espacial de ciertas regiones anatómicas y afectaciones en la calidad de imagen. Sin embargo, si lo que se requiere es una alternativa menos costosa para un diagnóstico muy específico de los dientes y tejidos circundantes, esta será la mejor opción.

La tomografía computarizada ofrece imágenes con una resolución sumamente detallada incluso en superficie y volumen, por lo que la hace el método ideal para imágenes médicas para tratamientos complejos como fractura de huesos maxilofaciales e implantes dentarios.

Ambos métodos se caracterizan por entregar al paciente una dosis de radiación relativamente baja, esto hace que este tema haya sido poco estudiado. Sin embargo, bajo el principio de que siempre debe otorgarse al paciente la menor radiación, se aconseja usar collares tiroideos y delantales plomados para no exponer al paciente a dosis más elevadas de lo necesario.

El uso de implementos extraños por parte del paciente como, por ejemplo, aretes u objetos metálicos, tiende a afectar la calidad de la imagen tanto de OPG como de TC. Dichos elementos deben, por tanto, ser retirados (cuando sea posible) del paciente antes del examen.

No es posible afirmar con la evidencia disponible hasta ahora, si un método es mejor que el otro en un contexto general, sin embargo, hay consideraciones y criterios que se pueden tomar en cuenta para escoger uno u otro. Por ello, se sugiere que el doctor sea el encargado de solicitar la imagen médica que requiera para un específico diagnóstico. Esta decisión puede basarse en la Tabla 1 de esta revisión de tema (en la que se hace una comparativa basada en los principales criterios a considerar) o en el método propuesto en la Tabla 2, siempre y cuando la decisión esté relacionada con aspectos radiológicos, clínicos y de calidad de imagen.

Declaración Conflicto de Interés:

Declaro que no hay conflicto de intereses de ningún tipo de por medio, relacionado con este artículo.

Declaración de Financiamiento:

Este artículo no cuenta con financiamiento externo de ningún tipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodríguez Peinado N. Aplicación de la ortopantomografía digital al estudio del tamaño del área apical anterior y media en una población infantil con mordida cruzada unilateral. [Madrid]: Universidad Complutense de Madrid; 2016.
2. Zubeldia FF. Radiografía Panorámica Correcta [Internet]. Disponible en: https://www.canadent.es/cmsAdmin/uploads/POSICIONAMIENTO_RADIOLOGICO_KODAK.pdf
3. Alfaro Lira L. Radiología Panorámica. Anuario Sociedad de Radiología Oral y Máxilo Facial de Chile. 2007;10(1):12-20.
4. McDavid D, Dove S. Digital imaging in rotational panoramic radiography. Dentomaxillofacial Radiology. mayo de 1995;24(2):68-75.
5. Martin JE. Physics for Radiation Protection. Weinheim, Alemania: Wiley-VCH; 2006.
6. Praveen PN, Shubhasini AR, Bhanushree R, Sumsum PS, Sushma CN. Radiation in dental practice: awareness, protection and recommendations. The Journal of Contemporary Dental Practice. febrero de 2013;14(1):143-8.
7. Moghadam AE, Mardani M, Hasanzadeh H, Rafati M. Assessment of absorbed dose in critical organs in OPG: a phantom study. Journal of Paramedical Sciences (JPS). 2015;6(1):44-9.
8. Khambete N, Kumar R, Khambete U. Computed tomography in dentistry: Handbook of Basic Principles of CT and its Uses in Maxillofacial Imaging. Darmstadt, Alemania: Lambert Schneider in Wissenschaftliche Buchgesellschaft (WBG); 2012.

9. Arana-Fernandez de Moya E, Buitrago-Vera P, Benet-Iranzo F, Tobarra-Pérez E. Tomografía computerizada: introducción a las aplicaciones dentales. *Revista del Ilustre*. 2006;11(3):311-22.
10. European Commission, Directorate-General for Energy. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (Evidence-based guidelines) [Internet]. 2012. Disponible en: https://www.sedentext.eu/files/radiation_protection_172.pdf
11. Li G. Patient radiation dose and protection from cone-beam computed tomography. *Imaging Science in Dentistry*. 2013;43(1):63-9.
12. Bushberg JT, Anthony SJ, Leidholdt EM, Boone JM. *The Essential Physics for Medical Imaging*. Filadelfia, PA, Estados Unidos de América: Lippincott Williams and Wilkins; 2012.
13. Pandolfo I, Mazziotti S. *Orthopantomography: Evaluation and Treatment*. Berlín, Alemania: Springer; 2013.
14. Surapaneni H, Yalamanchili PS, Yalavarthy RS, Reshmarani AP. Role of computed tomography imaging in dental implantology: An overview. *Journal of Oral and Maxillofacial Radiology*. 2013;1(2):43-7.
15. Raju DT, Shanthi K. Analysis on X-Ray Parameters of Exposure by Measuring X-Ray Tube Voltage and Time of Exposure. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*. 2014;3(6):69-73.