



Cuantificación de la radiación secundaria con dosímetros de luminiscencia ópticamente estimulada en la zona de tiroides durante la exposición a ortopantomografías digitales

Quantification of secondary radiation with dosimeters of optically stimulated luminescence in the thyroid zone during the exposition to digital orthopantomography

Lourdes Yatzil Avalos Piña,* Marino Crispín Aquino Ignacio,[§] María del Carmen Granados Silvestre,^{||} Jesús Gerardo Gutiérrez Márquez,[¶] Alejandra Rodríguez Hidalgo**

RESUMEN

En la práctica odontológica, en la toma de radiografías no es común la colocación de dosímetros en los pacientes, sin embargo, por medio de la dosimetría podemos mantener un mejor control de la cantidad de radiación que es emitida a los pacientes, de la dosis de radiación y de la sensibilidad del tejido frente a la radiación, para así prevenir en algún momento los posibles efectos nocivos de la radiación ionizante; puesto que en odontología se encuentran por debajo las dosis umbral requeridas para producir reacciones tisulares (efectos deterministas), sin embargo, los efectos estocásticos pueden desarrollarse y presentarse con cualquier dosis de radiación. En este estudio nos enfocaremos en las ortopantomografías que son auxiliares de diagnóstico previo a un tratamiento odontológico.

Palabras clave: Cuantificación, radiación, dosimetría, luminiscencia, tiroides, ortopantomografía.

Key words: Measurement, radiation, dosimetry, luminescence, thyroid, orthopantomography.

ABSTRACT

In dentistry, the use of dosimeters is not frequently to evaluate the patient radiation; however, through dosimetry, we can maintain a better control of the amount of radiation emitted to patients, radiation doses and the tissue radiosensitivity, to prevent at any time the possible harmful effects of ionizing radiation (deterministic effects), however the stochastic effects can be developed and presented with any dose of radiation. In this study we will focus on orthopantomographies that are diagnostic auxiliaries prior to dental treatment.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los métodos más apropiados para el diagnóstico en odontología es la toma de ortopantomografías. En la práctica odontológica, la toma de radiografías es considerada como uno de los procedimientos odontológicos necesarios para el correcto diagnóstico y tratamiento de pacientes con problemas dentales; sin embargo, se debe mantener una adecuada gestión y control de las dosis de radiación a los pacientes en cada toma realizada, debido a los posibles efectos nocivos de la radiación ionizante.

Independientemente del daño del ADN o celular, los efectos biológicos de la radiación ionizante se clasifican en dos categorías principales: los efectos deterministas y efectos estocásticos.¹

Se debe enfatizar que la mayoría de los pacientes consideran que la toma de radiografías produce o constituye un factor de riesgo, principalmente de cán-

* Egresada de la Facultad de Odontología de la UNAM.

§ Coordinador del Área de Imagenología, de la Facultad de Odontología de la UNAM.

|| Docente de Asignatura de Imagenología de la Facultad de Odontología de la UNAM.

¶ Departamento de Física Médica, Hospital de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI.

** Docente de Asignatura de Endodoncia de la División de Estudios de Postgrado e Investigación (DEPeI) de la Facultad de Odontología de la UNAM.

Recibido: septiembre 2017. Aceptado: abril 2018.

© 2018 Universidad Nacional Autónoma de México, [Facultad de Odontología]. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/facultadodontologiaunam>

cer, como en el caso de la glándula tiroidea, por la cercanía de ésta con la cavidad bucal.

La dosimetría en radiología es de vital importancia, ya que monitorea y calcula las dosis de radiación con las cuales se trabaja en las distintas áreas médicas. De acuerdo con el principio «tan bajo como sea razonablemente posible» (ALARA, por sus siglas en inglés), los odontólogos deben tomar radiografías de buena calidad en la dosis de radiación lo más baja posible para los pacientes.

Este estudio de investigación se enfoca en la evaluación de la dosis de radiación durante la toma de ortopantomografías utilizando dosímetros de tecnología de luminiscencia ópticamente estimulada (OSL), que se colocaron superficialmente en la prominencia laríngea, la cual fue tomada como referencia anatómica, ya que por debajo de esta prominencia se localiza la glándula tiroidea del paciente, que es el sitio de interés anatómico.

Sin embargo, para la dosimetría de la radiación en ortopantomografías se debe tener cuidado en la colocación de los dosímetros en el paciente para que no interfieran con la proyección radiográfica.²

RADIACIÓN

La radiación es la transmisión de la energía a través del espacio y la materia, puede producirse en dos formas: por partículas o electromagnéticamente.

Los rayos X forman parte de la radiación electromagnética, y ésta se propaga en forma de ondas; estas ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz en el vacío (3.0×10^8 m/s, representada por la letra c) y corresponden a campos eléctricos y magnéticos. La energía de una onda depende en forma inversa de la longitud que ésta posee (la longitud de onda es la distancia entre dos crestas vecinas en una onda), es decir, a mayor longitud de onda, menor energía y a menor longitud de onda, mayor energía.³

Funcionamiento del aparato de rayos X

- **Tubo radiógeno:** el tubo de rayos X o radiógeno, ideado por el ingeniero W.D. Coolidge en 1912, es la parte principal que genera los rayos X y constituye un acelerador de partículas: los electrones. El componente principal del tubo radiógeno es una ampolla de vidrio al vacío en donde se encuentran enfrentados dos electrodos (conductores eléctricos) de forma diferentes: un cátodo (-) y un ánodo (+). El cátodo, el productor de electrones, consiste en un filamento en espiral de tungsteno rodeado de una pantalla de molibdeno denominada pieza de

concentración o copa focalizadora. El ánodo, llamado también anticátodo, es el receptor de electrones formado por un grueso cilindro de cobre (cortado a bisel frente al cátodo), éste a su vez tiene acoplado un bloque de tungsteno para blanco o impacto de los rayos catódicos.⁴

En síntesis, la función del tubo de rayos X es la de producir vapor de electrones por medio del cátodo, los cuales son acelerados contra el anticátodo, y así emitir un haz de rayos X.

Efectos nocivos y riesgos asociados a los rayos X

Los efectos nocivos de la radiación ionizante se pueden presentar, dependiendo proporcionalmente de la cantidad de radiación absorbida (energía) y de la radiosensibilidad de las células que la absorben.

Daño tisular generado por la radiación

La acción de la radiación en las células, así como el daño producido en ellas, se clasifica como:

- Acción o daño directo:** producido por la ionización de macromoléculas, en donde el fotón de rayos X puede interactuar directamente con el ADN, ARN, proteínas y enzimas. Esta ionización en las macromoléculas produce un rompimiento de sus enlaces químicos. Entre los efectos cromosómicos que se pueden presentar después del daño directo son:
 - Dificultad para transmitir información.
 - Replicación anormal.
 - Muerte de la célula.
 - Daño temporal: la macromolécula se repara sin problema antes de una posterior división celular.
- Acción o daño indirecto:** en donde el fotón de rayos X ioniza el agua para producir radicales libres que dañan las macromoléculas como el ADN. Entre las sustancias altamente reactivas y tóxicas que producen daño biológico, las cuales se pueden formar a partir de los radicales libres, están el peróxido de hidrógeno y un radical hidroperóxido. Debido a que el cuerpo humano está formado en su 80% por agua, la mayoría de las radiaciones ionizantes que se producen son indirectas.¹

Efectos biológicos inducidos por radiación

Independientemente del mecanismo de acción del daño del ADN y celular, los efectos biológicos de la radiación ionizante se clasifican en dos grupos principales:

Los **efectos deterministas (no estocásticos)** son aquéllos en los que la severidad del daño producido dependerá de una determinada dosis de radiación; estos efectos se pueden producir poco después de la exposición, denominados reacciones tisulares precoces (como el eritema cutáneo o la mucositis) o pueden aparecer meses o años después de la exposición y son determinados como reacciones tisulares tardías (como la osteorradionecrosis).¹

Los **efectos estocásticos** son aquéllos en los que la probabilidad de ocurrencia se incrementa en proporción a la dosis de radiación recibida, no exhiben un umbral de dosis; por ejemplo, es posible que si dos pacientes han sido expuestos a radiación en las mismas condiciones uno de ellos presente efectos biológicos y el otro no; estos efectos pueden inducir un cáncer por radiación o pueden producir efectos hereditarios en donde las mutaciones se producen por cualquier cambio súbito en un gen o un cromosoma. También existen los efectos en el feto, cuando el feto se está desarrollando (tres o siete semanas después de su concepción) es más sensible a los efectos producidos por la radiación y puede presentar los siguientes problemas: anomalías congénitas, muerte, retraso mental o reducción del coeficiente intelectual e inducción del cáncer.¹

PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN EN RADIOLOGÍA

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) estableció un sistema de limitación de dosis que considera que toda práctica que implique el uso de radiaciones ionizantes debe ajustarse a tres principios:

- **Principio de justificación:** toda exposición a la radiación debe representar más beneficio que daño a la persona expuesta. Cuando un paciente se expone a un estudio radiológico, el riesgo a la radiación debe ser recompensado por un beneficio, en este caso sería el de obtener un diagnóstico médico que lo ayude a establecer un tratamiento adecuado.
- **Principio de optimización de la protección:** la probabilidad de recibir exposiciones, el número de personas expuestas, y la magnitud de las dosis individuales deberían mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales. Este principio es conocido como «*As Low As Reasonably Achievable*» (ALARA, por sus siglas en inglés).
- **Principio de aplicación de límites de dosis:** en situaciones de exposición planificada para fuentes reguladas, que no consistan en exposiciones

médicas de pacientes, la dosis total de cualquier individuo no debe exceder los límites pertinentes recomendados por la comisión. Los límites de dosis reglamentarios son decididos por la autoridad reguladora teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales, y se aplican a trabajadores y miembros del público en situaciones de exposición planificada.⁵

NORMA OFICIAL MEXICANA 229-SSA1-2002

La Norma Oficial Mexicana 229 establece los criterios de diseño, construcción y conservación de las instalaciones fijas y móviles, los requisitos técnicos para la adquisición y vigilancia del funcionamiento de los equipos de diagnóstico médico con rayos X, los requisitos sanitarios, criterios y requisitos de protección radiológica que deben cumplir los titulares, responsables, asesores especializados en seguridad radiológica en establecimientos para diagnóstico médico que utilicen equipos generadores de radiación ionizante (rayos X) para su aplicación en seres humanos, quedando incluidos los estudios panorámicos dentales y excluidas las aplicaciones odontológicas convencionales y densitometría ósea, con el fin de garantizar la protección a pacientes, personal ocupacionalmente expuesto y público en general.

Límites de dosis

- 16.1 Las dosis de rayos X que reciban el personal ocupacionalmente expuesto (POE) y el público, con motivo de la operación de los establecimientos de diagnóstico médico con rayos X, deben mantenerse tan bajas como razonablemente pueda lograrse y estar siempre por debajo de los límites establecidos en los ordenamientos legales aplicables.
- 16.1.1 Para el POE, el límite del equivalente de dosis efectiva anual (HE, L) para los efectos estocásticos es de 50 mSv (5 rem). Para los efectos deterministas es de 500 mSv (50 rem) independientemente de si los tejidos son irradiados en forma aislada o conjuntamente con otros órganos. Este límite no se aplica al cristalino, para el cual se establece un límite de 150 mSv (15 rem).
- 16.1.2 Las mujeres ocupacionalmente expuestas que se encuentren embarazadas sólo podrán trabajar en condiciones donde la irradiación se distribuya lo más uniformemente posible en el tiempo y que la probabilidad de que reciban un equivalente de dosis anual mayor de 15 mSv (1.5 rem) sea muy baja.
- 16.1.3 Los límites anuales de equivalente de dosis para individuos del público para efectos estocásticos

cos es de 5 mSv (0.5 rem) y para los efectos deterministas es de 50 mSv (5 rem). Estos límites de dosis se aplican al grupo crítico de la población, o al individuo más expuesto.

- 16.2 Los límites establecidos no se aplican a los pacientes sometidos a estudios radiológicos.
- 16.3 Ninguna persona menor de 18 años puede formar parte del POE.⁶

DOSIMETRÍA

La dosimetría en radiología es de vital importancia, ya que monitorea y calcula la dosis de radiación absorbida en tejidos y materia como resultado de la exposición a la radiación ionizante.²

Existen dispositivos que, dependiendo de su funcionamiento, calculan la cantidad de radiación recibida a lo largo de un periodo de tiempo, llamados dosímetros, ejemplos de ellos son: tarjetas de película, dosímetros termoluminiscentes (TLD), dosímetros de luminiscencia ópticamente estimulada (OSL) y dosímetros electrónicos personales (PED).

Dosímetros de luminiscencia ópticamente estimulada (OSL)

Los dosímetros OSL, actualmente se han utilizado para el control de la dosis de radiación durante más de una década.⁷

Este tipo de dosímetro consiste en una tarjeta que contiene un detector de óxido de aluminio (estructura o red cristalina), filtros de metal y plástico. Al ser irradiado el dosímetro, los electrones de la red cristalina son excitados, haciendo que queden atrapados en trampas de la propia red. El dosímetro al ser leído para la cuantificación de dosis, se coloca en el lector, en donde el detector es leído mediante su exposición a una fuente luminosa de luz verde, que libera la energía de radiación almacenada en el óxido de aluminio en forma de luz azul (luminiscencia) (Figura 1). La exposición a la radiación se puede calcular a partir de la cantidad e intensidad de la luz azul liberada.^{1,7,8}

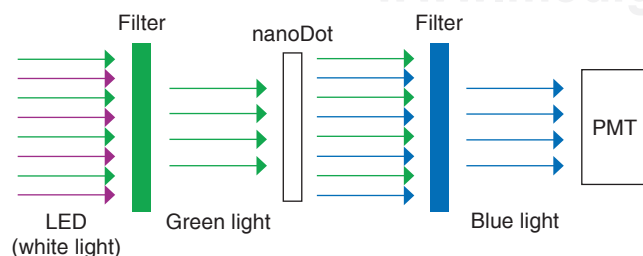


Figura 1. Esquema de lectura de dosímetro OSL.⁹

Las ventajas de este tipo de dosímetros son:

- Su lectura es rápida, no destructiva.
- Se pueden realizar múltiples lecturas debido a que pueden ser utilizados como un registro permanente de la dosis absorbida de radiación, debido a que pueden ser leídos después del lapso en que fueron irradiados.
- Tienen buena sensibilidad y responden a un rango amplio de energías.

Las desventajas de los dosímetros TLD en comparación con los OSL, son que su lectura es destructiva (no ofrece registro permanente), es decir, los resultados no pueden verificarse ni reevaluarse; sólo proporcionan información limitada sobre el tipo y la energía de la radiación, los gradientes de dosis no son detectables y son relativamente caros.¹

GLÁNDULA TIROIDES

La glándula tiroides se ubica en el compartimiento visceral del cuello y se sitúa bajo los músculos esternohioideo, esternotiroideo y omohioideo; en este compartimiento también se sitúan la faringe, la tráquea y el esófago, y está rodeado por la capa pretraqueal de la fascia.¹⁰

Función

La glándula tiroides secreta las hormonas tiroxina (T4) y triyodotironina (T3), que estimulan el metabolismo; estas hormonas a su vez son reguladas por la TSH, hormona estimulante de la tiroides o tirotrópina, que es secretada por la hipófisis anterior. También secreta calcitonina, hormona que regula las concentraciones sanguíneas de calcio y las almacena en los huesos.¹¹

Otras de las funciones de la glándula tiroides es la de ayudar al cuerpo a utilizar energía, mantener en equilibrio la temperatura corporal y a que el cerebro, el corazón, los músculos y otros órganos funcionen normalmente.¹²

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la práctica odontológica, la toma de radiografías es considerada como uno de los procedimientos odontológicos necesarios para el correcto diagnóstico y tratamiento de pacientes con problemas dentales; sin embargo, se debe mantener una adecuada gestión y control de las dosis de radiación a los pacientes en cada toma realizada, debido a los posibles efectos nocivos de la radiación ionizante.

Se eligió realizar el estudio de investigación con base en la toma de ortopantomografías, debido a que es uno de los métodos más utilizados y apropiados para el diagnóstico en odontología.

La radiografía panorámica (ortopantomografía) es un examen imagenológico que nos permite observar todas las estructuras dentarias y maxilofaciales en una imagen plana; este tipo de estudio registrará una imagen de toda la arcada dentaria superior e inferior, cavidad glenoidea, articulación temporomandibular, así como algunas otras estructuras anatómicas del tercio medio de la cara, sin ningún corte en la línea media.^{1,13}

En los últimos años con el avance de la tecnología, se han creado equipos panorámicos digitales, los cuales funcionan a base de dos sistemas: unos tienen un sensor CCD (*Charge Couple Device*) que transmite la imagen directamente a un computador; otros emplean placas de fósforo fotoestimulable que, al ser estimuladas por los rayos, se someten a un lector o escáner para la obtención de la imagen.

Algunos pacientes expresan temor en el caso en el que se tenga que repetir el examen radiográfico (ortopantomografía) debido al tiempo que dura la exposición a los rayos X. Existe un concepto conocido como BERT (*Background Equivalent Radiation Time*) que compara la dosis efectiva recibida por una exposición a los rayos X en un tiempo dado, en el que la dosis efectiva de una radiografía panorámica es de 0.01 mSv, dosis que es muy baja.¹³

Cualquier aparato de rayos X emite un haz primario de radiación ionizante proveniente del tubo de rayos X, que sale por la ventana de la coraza, atraviesa el filtro y es colimado por los dispositivos pertinentes, para obtener la imagen de interés clínico, a su vez se emite radiación secundaria, que es la suma de la radiación dispersa y de la radiación de fuga. La radiación de fuga es la radiación generada en el tubo de rayos X y que atraviesa la coraza del mismo, exceptuando el haz primario. La radiación dispersa es la fracción del haz primario cuya dirección y energía han sido modificadas al interactuar con la materia; en diagnóstico médico con rayos X se considera al paciente como el principal dispersor de la radiación del haz primario.⁶

En este estudio se realizó una estimación de la dosis de radiación secundaria en la zona de la glándula tiroidea durante la toma de ortopantomografías digitales utilizando dosímetros de tecnología OSL y, de esta manera verificar que dicha dosis se encuentre dentro de los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002.

Se analizaron 318 pacientes que acudieron a la Clínica de Admisión de la División de Estudios de Postgrado e Investigación (DEPeI) de la Facultad de

Odontología, UNAM; los cuales, con previa historia clínica fueron remitidos por una ortopantomografía digital a la Clínica de Imagenología de la DEPeI, la cual cuenta con un ortopantomógrafo digital «Instrumentarium OP200 D».

Todos los pacientes que participaron en el estudio cumplieron los criterios de inclusión establecidos y aceptaron firmar un consentimiento informado que se les proporcionó acerca del estudio de investigación.

Posteriormente, el investigador principal procedió a pesar a cada paciente en una báscula y a escribir en la tabla de captura los datos correspondientes de cada paciente para su registro: nombre, edad, sexo, peso, antecedentes hereditarios patológicos, miliamperaje del equipo (mA), tiempo (segundos), código de registro por dosímetro y firma.

Antes de la toma de la ortopantomografía, el investigador observó a cada paciente y dependiendo de su complejión corporal (grande, mediana, pequeña), procedió a colocar con cinta micropore tres dosímetros de tecnología OSL tomando como referencia anatómica la prominencia laríngea (uno a la izquierda de ésta, otro sobre ella y otro a la derecha de ésta).

El ortopantomógrafo digital se programó con 66 kV, 5 mA y 14.1 s para la toma de cada ortopantomografía.

Posteriormente, el paciente ingresó a la sala en donde se le tomó la ortopantomografía con los dosímetros colocados (*Figura 2*). Y una vez tomada la radiografía, se le retiraron los dosímetros al paciente y se le entregó una copia de su consentimiento informado.

Se debe aclarar que una misma serie de tres dosímetros fueron utilizados cinco veces en pacientes de la misma complejión, de acuerdo con su género (masculino o femenino) para llevar un control de los dosímetros irradiados. Esto fue realizado debido a que la radiación que emite el ortopantomógrafo es muy poca,



Figura 2. La ortopantomografía es tomada al paciente con los dosímetros colocados.

y haciendo esto, se podría tener una dosis mayor para la lectura en el *software* OSL *Microstar® Reader*.

Un día, cada semana, se llevaron los dosímetros a ser evaluados, al Departamento de Física en Centro Médico Nacional Siglo XXI.

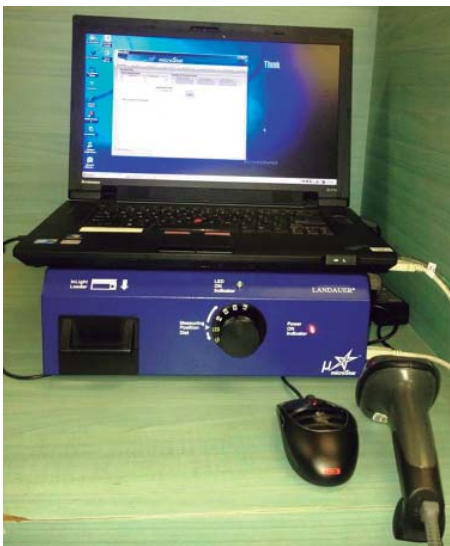


Figura 3. Equipo de *software* *Microstar® Reader* para lectura de los dosímetros de tecnología OSL.

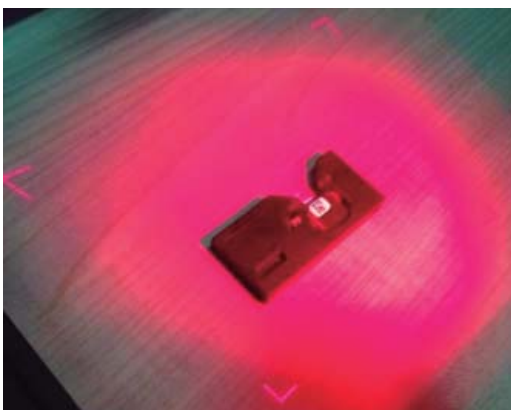


Figura 4. Muestra de porta-dosímetro y escaneo para su registro.

Los pasos para la lectura de los dosímetros de tecnología OSL mediante el uso del *software* *Microstar® Reader* (*Figura 3*) fueron los siguientes:

- 1) Se coloca el dosímetro en el porta-dosímetro de plástico y después con el escáner de código se registra el dosímetro en el *software* (*Figura 4*).
- 2) Se coloca el porta-dosímetro en el cargador de lectura del *software* y se asegura cerrándolo para su lectura posterior (*Figura 5*).
- 3) Se gira el indicador de medida para iniciar con el proceso de lectura del *software* (*Figura 6*). Y automáticamente en la pantalla aparece la dosis de radiación en mSv que se registró del dosímetro OSL (*Figura 7*).
- 4) Se gira nuevamente el indicador de medida a su posición original, se abre el cargador que aloja el dosímetro y se retira para así continuar con la lectura de otro dosímetro OSL.

Al terminar con la lectura de todos los dosímetros, automáticamente se registraron en una hoja de cálculo de Excel todas las dosis de radiación. Posteriormente cada dosis obtenida fue dividida entre cinco, para así obtener la dosis individual de cada paciente.

RESULTADOS

La unidad principal que se utilizó en el estudio fue el Sv, ya que es la unidad que se usa para fines de protección radiológica.

El *software* *Microstar® Reader*, al realizar la lectura de las dosis, nos proporcionó unidades de mSv, por lo que se realizó la conversión de las dosis de radiación



Figura 5. Muestra del cargador de lectura del *software*.

obtenidas a μSv , para facilitar la lectura de las dosis a números enteros.

Análisis de resultados

Se obtuvo 38.48 μsv como valor promedio de dosis de radiación en la zona de tiroides durante la exposición a ortopantomografías digitales (Figura 8 y Cuadro I), por lo que de acuerdo con los límites más bajos (es decir, los del público) establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002, se tendrían que tomar en un solo día, aproximadamente 130 ortopantomografías en un mismo paciente para causar un efecto estocástico (5 mSv); y para causar un efecto determinístico (50 mSv) en un solo día, en un mismo paciente se tendrían que tomar aproximadamente 1,300 ortopantomografías.

DISCUSIÓN

El campo de la arqueología fue el primero en utilizar el fenómeno de OSL para la dosimetría.¹⁴ La pro-



Figura 6. Vista del equipo de *software* antes de asegurar la lectura del dosímetro.

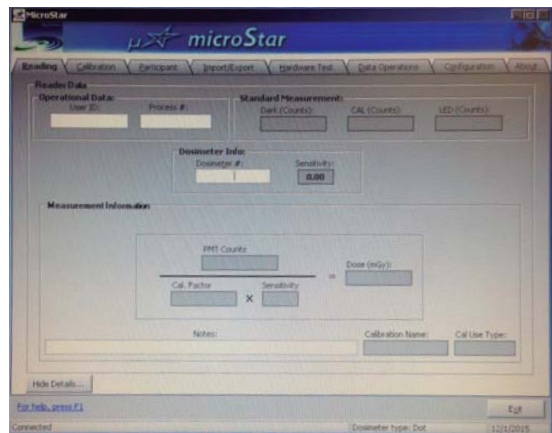


Figura 7. Pantalla de muestra de lectura de datos del *software* Microstar®.

iedad de los cristales OSL fue un hallazgo accidental que originalmente se sintetizó para la termoluminiscencia, provocó un rango amplio de aplicación y un aumento en la sensibilidad de estos dosímetros. Los dosímetros OSL son reutilizables y también se pueden utilizar como un registro permanente de la dosis absorbida, ya que se pueden leer mucho después de la irradiación. El proceso de lectura es más simple, más rápido y más fácil comparado con el de los TLD.¹⁵

Se han publicado varios estudios con respecto a las dosis absorbidas. Dentro de los límites experimentales, las variaciones están obligadas a ocurrir en los resultados de varios estudios debido a los maniqués antropomórficos utilizados, las variaciones en la colocación del dosímetro en los maniqués y también el tipo de fuente de radiación. Se compararon los resultados obtenidos de las dosis de radiación secundaria en la zona de tiroides por medio del uso de dosímetros OSL con resultados obtenidos en otros estudios por medio del uso de dosímetros OSL y termoluminescentes durante la toma de ortopantomografías digitales.

En un estudio realizado en el 2010 (A Endo y cols.), en un maniquí antropomórfico equivalente de tejido se midieron las dosis de órganos durante la toma de ortopantomografías de tres unidades panorámicas de rayos X diferentes, comparando las dosis obtenidas con el uso de dosímetros OSL con los valores de dosis obtenidas con dosímetros TLD por los autores Ludlow y Gavala. Las unidades panorámicas emplearon los

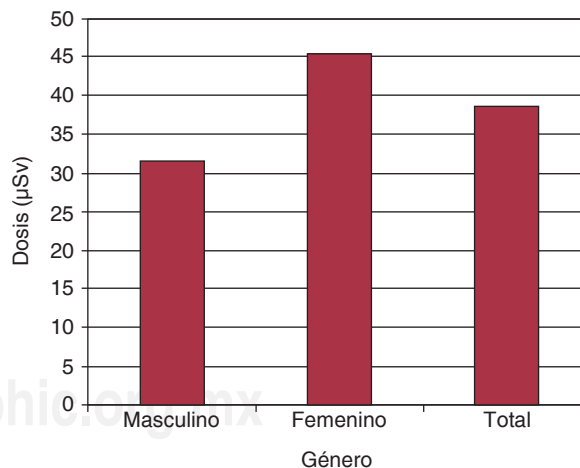


Figura 8. Dosis promedio.

Cuadro I. Dosis promedio.

	Promedio masculino	Promedio femenino	Promedio total
Dosis (μsv)	31.5191559	45.44815	38.48365293

Cuadro II. Dosis de órganos, en μSv , durante la toma de ortopantomografías por A Endo y cols. con el uso de dosímetros OSL; y por Ludlow y Gavala usando dosímetros TLD.

Tejido	OP 200D (66 kV/5 mA/14.1 s)	Asahi Hyper-XF (78 kV/10 mA/12 s)	PanoACT-1000 (80 kV/6 mA/12 s)	OP 200D (66 kV/10 mA/17.6 s)	Orthophos (Ludlow et al) (66 kV/16 mA/14.1 s)	Proline2000 (Gavala et al) (66 kV/8 mA/18 s)
Tiroides	38.48	437	298	329	50	88

Dato marcado en negritas, es la dosis obtenida en nuestro estudio.

siguientes parámetros de funcionamiento: Hyper-XF (Asahi Roentgen, Kyoto, Japón), 78 kV, 10 mA, 12 s; PanoACT-1000 (Axion Japón, Tokio, Japón), 80 kV, 6 mA, 12 s; y OP 200D (Instrumentarium, Finlandia), 66 kV, 10 mA, 17,6 s. Con el fin de obtener lecturas fiables con los dosímetros, éstos fueron expuestos 100 veces a la radiación para el PanoACT-1000 y OP 200D, y 50 veces para el Hyper-XF. El número de tomas de ortopantomografías se decidió sobre la base de los parámetros de funcionamiento de los ortopantomógrafos. A continuación, la dosis acumulativa de radiación obtenida después de las tomas se dividió por el número de repeticiones de exposición a la radiación para cada máquina, obteniendo así la dosis de órgano por cada exposición (*Cuadro II y Figura 9*).¹⁶

En esta investigación nos enfocaremos en los valores obtenidos en la tiroides, que es nuestro sitio de interés anatómico.

Se debe aclarar que las dosis proporcionadas por el estudio de A Endo y cols. fueron dadas en unidades de mGy, pero para fines y comparación de nuestro estudio fueron convertidas en μSv .

En comparación con el promedio de dosis de radiación en nuestro estudio y con las dosis obtenidas con dosímetros OSL por exposición a las tres unidades panorámicas, no exhibieron valores similares. Sin embargo, los experimentos de Ludlow y Gavala que utilizaron dosímetros TLD son los que exhibieron dosis de radiación en un rango similar que la obtenida en nuestro estudio utilizando dosímetros OSL.

CONCLUSIONES

En este estudio se comprueba que las dosis de radiación obtenidas, en la zona de la glándula tiroides durante la toma de ortopantomografías digitales, se encuentran por debajo de las dosis umbrales requeridas para producir reacciones tisulares (efectos deterministas). Sin embargo, como odontólogos debemos estar conscientes de los efectos estocásticos que pueden desarrollarse y presentarse con cualquier dosis de radiación.

En comparación con los resultados de diversos estudios realizados y con las dosis obtenidas en ellos,

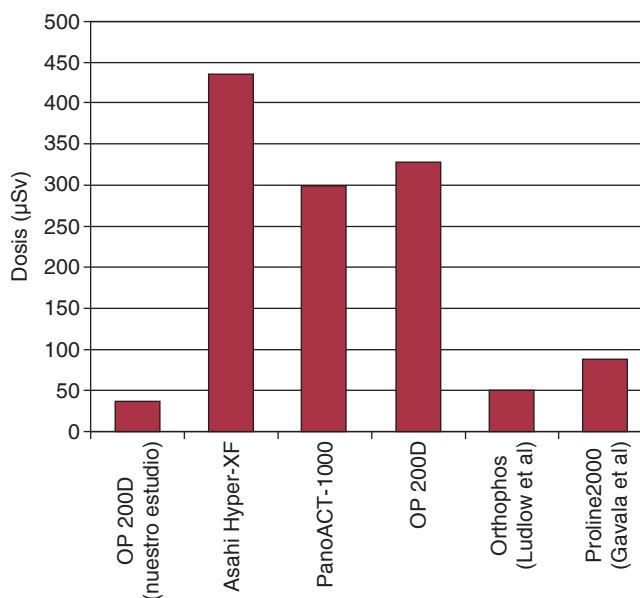


Figura 9. Comparación dosis con otros estudios.

podemos concluir que las variaciones son inevitables debido a que nuestro estudio se realizó en personas a diferencia de los otros estudios en donde las pruebas fueron realizadas en maniqués antropomórficos; también un factor que pudo influir fue el de la colocación de los dosímetros en los maniqués y también por el parámetro de funcionamiento (kV, mA y t (s)) establecido para cada ortopantomógrafo, que, como investigamos, influye en la cantidad y calidad de los rayos X.

En la práctica odontológica, en la toma de radiografías no es común el uso de dosímetros; sin embargo, por medio de la dosimetría podemos mantener un mejor control de la cantidad de radiación que es emitida a los pacientes, de la dosis de radiación y de la sensibilidad del tejido frente a la radiación, para así prevenir en algún momento los posibles efectos nocivos de la radiación ionizante.

Es primordial que como odontólogos conozcamos los límites de dosis establecidos para la toma de radiografías que se establecen en normas internacionales y nacionales; en específico, tener mejor conocimiento

de la Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002 que establece un reglamento de protección y seguridad radiológica en el diagnóstico médico, siendo una guía principal que nos orienta de manera específica para tomar las medidas adecuadas para la protección radiológica.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, Asesores en Radiaciones, S.A. y al Departamento de Física en Centro Médico Nacional Siglo XXI.

REFERENCIAS

- Whaites E, Drage N. *Fundamentos de radiología dental*. 5ª ed. Elsevier Masson; 2014. pp. 65-75.
- Bahreyni Toossi MT, Akbari F, Bayani Roodi S. Radiation exposure to critical organs in panoramic dental examination. *Acta Med Iran*. 2012; 50 (12): 809-813.
- White SC, Pharoah MJ. *Radiología oral principios e interpretación*. 4a edición. Madrid: Editorial Elsevier Science; 2002. p. 4.
- Gómez-Mattaldi RA. *Radiología odontológica*. 2a edición. Editorial Mundi; 1975. p. 5.
- Publicación 103 ICRP. Senda Editorial S.A.; 2007. pp. 34, 77-78, 86.
- Norma Oficial Mexicana NOM-229-SSA1-2002. Salud ambiental. [Citado 04 de diciembre del 2015] Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SSA/Normas/Oficiales/NOM-229-SSA1-2002.pdf>
- Akselrod MS, Botter-Jensen L, McKeever SWS. Optically stimulated luminescence and its use in medical dosimetry. *Radiat Measure*. 2010; 41: 78-99.
- Dosimetría personal. OSL (Optical Stimulated Luminescence). [Citado 11 de diciembre del 2015] Disponible en: http://www.asesoresenradiaciones.com.mx/dosimetria_personal.html
- Measurement method of an exposed dose using the nanoDot dosimeter. [Citado 11 de diciembre del 2015] Disponible en: http://posterng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing_poster&task=viewsection&pi=128615&ti=426493&searchkey=
- Marín GME. *Principios básicos de la función tiroidea*. [Citado 29 de noviembre del 2015] Disponible en: http://www.endocrino.org.co/files/Principios_Basicos_de_la_Funcion_Tiroidea.pdf
- Gartner L, Hiatt JL. *Histología, texto y atlas*. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana; 1997. p. 272.
- American Thyroid Association. *Cáncer de tiroides*. [citado 29 de noviembre del 2015] Disponible en: http://www.thyroid.org/wpcontent/uploads/patients/brochures/espanol/cancer_de_tiroides.pdf
- Urzúa-Novoa R. *Técnicas radiográficas dentales y maxilofaciales, aplicaciones*. Colombia: Amolca; 2005. pp. 121, 178.
- Huntley DJ, Godfrey-Smith DI, Thewalt MLW. Optical dating of sediments. *Nature*. 1985; 313: 105-107.
- Jursinic PA. Characterization of optically stimulated luminescent dosimeters, OSLDs, for clinical dosimetric measurements. *Med Phys*. 2007; 34 (12): 4594-4604.
- Endo A, Katoh T, Kobayashi I, Joshi R, Sur J, Okano T. Characterization of optically stimulated luminescence dosimeters to measure organ doses in diagnostic radiology. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012; 41 (3): 211-216.

LECTURA RECOMENDADA

- Ávalos-Piña LY, sustentante. Cuantificación de la radiación secundaria con dosímetros de luminiscencia ópticamente estimulada en la zona de tiroides durante la exposición a ortopantomografías digitales/2016. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2016/febrero/307009838/Index.html>

Dirección para correspondencia:
Lourdes Yatzil Avalos Piña
 E-mail: lourdesavp@gmail.com