

Determinación de dosis absorbida en cristalino y glándula tiroides con protocolos de irradiación aplicados en equipos de ortopantomografía para panorámica dental

Awer Andres Muñoz Ardila¹, Modesto Antonio Sosa Aquino², Juan Carlos Azorín Vega², Miguel Ángel Vallejo Hernández², Lina Marcela Ramírez Arbeláez¹

¹ Grupo de Investigación e Innovación Biomédica, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia.

² Departamento de Física, Universidad de Guanajuato, León, Guanajuato, México.

Resumen

Las radiaciones ionizantes son de gran utilidad en el ámbito médico para el uso diagnóstico de diferentes patologías. Actualmente existen diferentes tecnologías para diagnóstico con imágenes que utilizan Rayos X convencional, tomografía computada, mastografía, angiografía, panorámica dental, entre otros. No obstante, cabe destacar que la exposición a radiaciones de este tipo de exámenes diagnósticos se ha incrementado considerablemente en los últimos años debido a que los exámenes radiológicos no siempre se llevan a cabo en función de las necesidades clínicas reales de cada paciente, incrementando el riesgo de adquirir cáncer. En esta investigación se midió dosis absorbida en cristalino y glándula tiroides con la ayuda de dosímetros TLD100 calibrados con una fuente de rayos X odontológico y posteriormente ubicados en un fantoma de PMMA adaptado para equipos de ortopantomografía (Panorámica dental); las irradiaciones se realizaron en 5 Hospitales utilizando los parámetros pre configurados para adulto normal; En la lectura de los dosímetros se utilizó un Equipo Harshaw 3500 obteniéndose así el valor promedio de $1.324 \pm SD 0.01$ mGy para cristalino y $1.044 \pm SD 0.03$ mGy para la glándula tiroides. Para validar los resultados encontrados se realizarán nuevas mediciones bajo diferentes condiciones tipo ISO con diferentes fuentes de calibración tales como Cs-137, Co-60, entre otros.

Palabras clave: Ortopantomografía, TLD100, Termoluminiscencia, dosis absorbida, Tiroides, Cristalino.

1.- INTRODUCCIÓN

Las radiaciones ionizantes son de gran utilidad en el ámbito médico para el uso en el diagnóstico de diferentes afecciones que se presentan diariamente, sin embargo el Consejo Nacional de Protección y Medición de la Radiación (NCRP, por sus siglas en inglés) según sus reportes anuales, indica que la exposición durante dichos exámenes ha aumentado considerablemente en diferentes órganos debido a que los exámenes radiológicos no están siendo en función de las necesidades clínica de cada paciente [Bolus ,N. 2009].

Actualmente existen diferentes tecnologías para diagnóstico con imágenes que utilizan rayos x, tales como: la Radiología Convencional que consiste en un amplio espectro de técnicas de imagen, los cuales forman una imagen al interactuar con las diferentes densidades y espesores

de los tejidos del cuerpo humano [Srivastava *et al*,2006]; la tomografía, la mastografía, la angiografía, la ortopantomografía, entre otros.

Los equipos de ortopantomografía se utilizan para ayudar ya sea al odontólogo, al cirujano plástico o médicos especialistas en general a determinar malformidades congénitas, daños dentales (cavidades), enfermedades periodontales (encías), abscesos o crecimientos anormales, tales como tumores o quistes, además de también mostrar la ubicación y condición de los dientes impactados o los dientes que se encuentran aún bajo la encía, etc [Pandolfo y Mazziotti, 2013].

Así entonces, el uso frecuente de estas tecnologías conlleva a evaluar los diferentes riesgos o efectos de acuerdo a la dosis suministrada para realizar el radiodiagnóstico. En esta rama existen estudios que se han encargado de compilar información integral de dosis absorbida en los procedimientos de panorámica dental en comparación con otras técnicas de diagnóstico odontológico [van Aken & van der Linden, 1966]. Actualmente, las investigaciones tienden a centrarse en la evaluación de la exposición a la radiación de órganos específicos tales como la glándula tiroides, la parótida, los ojos, entre otros. [Moundi et al., 2013].

Los efectos radiobiológicos relacionados con los equipos de panorámica dental son un factor de riesgo para órganos tales como la tiroides y el cristalino; teniendo la posibilidad de ser causante de cáncer tiroideo [Wakeford R, 2004. Sarne D, 1996] y cataratas radio inducidas por la distribución de la dosis en las estructuras oculares. [Lesperance M, 2014]. Los factores de riesgo pueden ser determinados con ayuda de dosimetría termoluminiscente a través de la dosis absorbida, por lo que debemos ser capaces de estimar con esta magnitud el daño producido por la radiación en un órgano que ha sido irradiado por un tipo específico de radiación [Andisco, Blanco, & Buzzi, 2014].

1.1.- BASES TEÓRICAS

La interacción de radiación con la materia implica la transferencia de energía de la radiación con la materia con la que interacciona. “La radiación puede interaccionar directamente con el núcleo del átomo, con los electrones orbitales o con ambos. La probabilidad de que ocurra un determinado mecanismo de interacción y, por lo tanto, el poder de penetración de los diversos tipos de radiación, depende del tipo y energía de la radiación como de la naturaleza de la materia con la que interacciona. En general se producirá ionización y excitación de los átomos del absorbedor” [Azorín Nieto & Azorín Vega, 2010].

Los efectos de la radiación sobre la materia se pueden manifestar mediante tres mecanismos principales: ionización, excitación y disociación. La radiación ionizante o de alta energía es aquella radiación capaz de producir iones al quitar o agregar un electrón a un átomo donde irradia y puede ser clasificada en electromagnética (fotones) y corpuscular según su naturaleza. Cuatro son los mecanismos de interacción de la radiación electromagnética

(fotones) con la materia que son significativos: efecto fotoeléctrico, efecto Compton, producción de pares y dispersión coherente o de Rayleigh.

Para efectos de la medición de la radiación se utilizan ciertos sólidos que tienen la propiedad de emitir luz después de ser previamente irradiados si se eleva su temperatura a un valor suficiente por debajo de su temperatura de incandescencia y este fenómeno es relevante en la medición de radiación ionizante ya que la luz emitida es proporcional a la dosis absorbida [Azorín Nieto, 1993]. La dosis absorbida es una medida de la cantidad de energía de una radiación ionizante depositada en una masa. Formalmente, la dosis absorbida en un punto es definida según la ICRU como $D = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta m}$ donde $\Delta \epsilon$ es la energía media transferida por la radiación a una masa Δm [Gillette & Alpen, 1998]. El objetivo de éste trabajo fue determinar la dosis absorbida en cristalino y glándula tiroideas con protocolos de irradiación utilizados en equipos de ortopantomografía para panorámica dental.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Diseño del Fantoma

El diseño del fantoma se realiza de acuerdo a un muestreo antropométrico, donde una vez conocidos los valores estándar de la morfología evaluada (15x20x15), se procede a desarrollarlo con materiales de acrílico tipo PMMA donde se tiene en cuenta las características anatómicas de las partes a simular (espesor) [Golikov VY, Nikitin VV, 1989].

2.2 Selección del Lote Dosimétrico

Para efectos de evaluación de dosis absorbida en algún órgano se utilizan cristales de LiF:Mg,Ti denominado TLD100 con un número atómico efectivo 8,2; ya que por su naturaleza atómica (Z) poseen similitudes con los tejidos biológicos humanos [Azorín Nieto, 1993]

2.3 Protocolo de borrado y elaboración de la curva de calibración

Para el protocolo de borrado se utilizan 18 pastillas de TLD100 los cuales son colocados en un crisol. Éste se introduce en una mufla marca TERLAB precalentada a 240 °C mientras alcanza los 400 °C para el proceso de borrado y así obtener una mayor reproducibilidad de los resultados. Así entonces se colocan los dosímetros durante 1 hora a 400 °C, tiempo en el cual el aumento de la temperatura ayuda a liberar todas las trampas energéticas del material termoluminiscente y así eliminar información parasita que pudiese crear datos no repetibles. Seguidamente se deja enfriar la plancheta y una vez este un poco más al ambiente se introducen nuevamente los dosímetros a la mufla durante 2 horas a una temperatura de 100 °C para obtener un borrado aún más fino [Azorín Nieto, 1993].

Los dosímetros han sido calibrados con una fuente de rayos X odontológico, a una energía de 90 keV y una distancia de 50 cm del tubo; se colocan de a 2 pastillas dentro de un porta dosímetro. El método de calibración elegido para los dosímetros TLD100 es el de sustitución [Loaiza Calderon & Alvarez Romero, 2006], el cual consiste en a) Calibrar un punto del campo de radiación en términos de la rapidez de Dw, usando para cada energía el protocolo correspondiente, cámaras de ionización patrón secundario o fuentes radioactivas de referencia (Rx periapical para éste caso). b) Colocar en el mismo punto de calibración los dosímetros TLD100 e irradiarlo para varias Dw, de manera independiente de acuerdo al rango de la curva de calibración, controlando el tiempo de irradiación. c) construir la curva de calibración: Intensidad de respuesta vs dosis (Fig. 1).

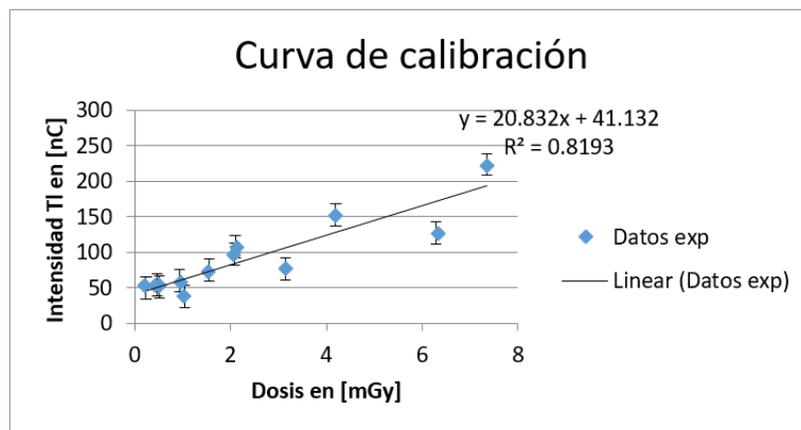


Figura 1. Respuesta Termoluminiscente del TLD100 en función de la dosis.

2.4 Evaluación de protocolos de irradiación en ortopantomógrafos

De acuerdo a los equipos disponibles para realizar las irradiaciones, se ha consultado con los diferentes técnicos cuáles son sus parámetros más utilizados para obtener su imagen panorámica según su equipo y los datos médicos del paciente. Por lo que se ha encontrado que lo más común es obtener la imagen panorámica a 70kVp, 12 mA, 15s para un adulto normal. Adicionalmente, Se dispone a colocar una porta dosímetro con 2 unidades de TLD-100 por cada órgano a evaluar. Es ésta investigación se utilizaron 6 dosímetros por irradiación (4 para cristalino, 2 para tiroides) tres irradiaciones por equipo en un total de 5 equipos de ortopantomografía (Fig.2).

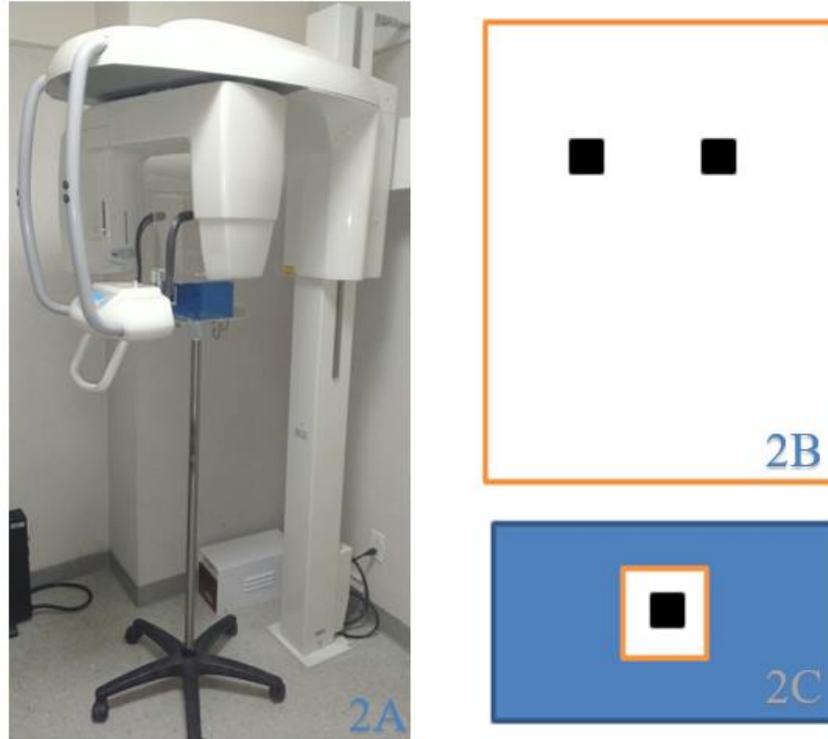


Figura 2 (A, B, C). Arreglo dosimétrico para ortopantomografía con fantoma

FIG.2A Ubicación y ajuste del fantoma al equipo: Se retira posicionador de maxilar inferior, se colocan los posicionadores de cráneo, se realiza un ajuste a cero de la posición del equipo. FIG 2B Descripción gráfica de la ubicación de los dosímetros (Puntos negros) para el muestreo en cristalino y glándula tiroides FIG 2C.

2.5 Configuración del arreglo experimental para Lecturas de TLD

Para la configuración del arreglo experimental para lecturas de TL existen diferentes maneras de realizar las pruebas de lectura las cuales dependen de las condiciones que se requieran en el estudio; Para éste caso se realizan en un cuarto casi oscuro para evitar que radiaciones incidentes de otro intervalo de energías desajusten las trampas anteriormente desequilibradas del material utilizado. se obtiene lectura de luz de referencia.

La lectura de dosímetros se realiza entonces con ayuda del equipo Harshaw modelo 3500 el cual digitaliza sus resultados a través del software win rem. EL procedimiento a ocupar consiste en configurar el protocolo TTP (Time Temperature Profile Setup) configurando la temperatura de precalentado (Preheat) con 50 °C por 20 s; después se realiza una configuración de la rampa de precalentamiento (Temperature Rate) de 10 °C por cada segundo y también se ingresa una temperatura máxima de calentamiento a 300 °C.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando las lecturas obtenidas de los dosímetros irradiados representando el cristalino, el promedio de dosis (mGy) absorbida por el equipo Kodak 8000C Digital fue de $1.37 \pm \text{SD } 0.01$ (mGy), Sirona Orthopos $1.24 \pm \text{SD } 0.14$ (mGy), Panoramic Corporation $1.47 \pm \text{SD } 0.05$ (mGy), Carestream CS9300 $1.36 \pm \text{SD } 0.11$ (mGy), OP300 Maxio $1.18 \pm \text{SD } 0.03$ (mGy), obteniendo un promedio de dosis de $1.324 \pm \text{SD } 0.06$ (mGy), que se puede observar en la Tabla 1.

El análisis de las lecturas de los dosímetros irradiados representando la glándula tiroidea (Tabla 2) demuestra que la dosis absorbida fue en promedio de $1.044 \pm \text{SD } 0.05$ (mGy). Para el equipo kodak 8000C Digital su dosis fue de $0.82 \pm \text{SD } 0.03$ (mGy), Sirona Orthopos $1.07 \pm \text{SD } 0.05$ (mGy), Panoramic Corporation $1.15 \pm \text{SD } 0.03$ (mGy), Carestream CS9300 $1.31 \pm \text{SD } 0.09$ (mGy), OP300 Maxio $0.87 \pm \text{SD } 0.07$ (mGy).

Dosis Cristalino	
Equipo de Ortopantomografía	Dosis (mGy)
Kodak 8000C Digital	$1.37 \pm \text{SD } 0.01$
Sirona Orthopos	$1.24 \pm \text{SD } 0.14$
Panoramic Corporation	$1.47 \pm \text{SD } 0.05$
Carestream CS9300	$1.36 \pm \text{SD } 0.11$
OP300 Maxio	$1.18 \pm \text{SD } 0.03$
Promedio de Dosis	$1.32 \pm \text{SD } 0.06$

Tabla 1. Dosis en Cristalino

Dosis Glándula Tiroides	
Equipo de Ortopantomografía	Dosis (mGy)
Kodak 8000C Digital	$0.82 \pm \text{SD } 0.03$
Sirona Orthopos	$1.07 \pm \text{SD } 0.05$
Panoramic Corporation	$1.15 \pm \text{SD } 0.03$
Carestream CS9300	$1.31 \pm \text{SD } 0.09$
OP300 Maxio	$0.87 \pm \text{SD } 0.07$
Promedio de Dosis	$1.04 \pm \text{SD } 0.05$

Tabla 2. Dosis en Tiroides

La tabla 1 muestra que la mayor dosis recibida en cristalino fue de $1.47 \pm SD 0.05$ (mGy) en el equipo Panoramic Corporation. Esta dosis comparada con la obtenida en otros estudios anteriores de $0.12 \text{ mGy} \pm 0.068$ en cristalino (Moudi, E. et Al.2013) varía tal vez por los protocolos de irradiación utilizados, el equipo, las condiciones y el tipo de dosímetro utilizado. La tabla 2 muestra que la mayor dosis en tiroides fue de $1.31 \text{ mGy} \pm SD 0.09$ en el equipo Carestream CS9300 en comparación con la obtenida de $0.15 \text{ mGy} \pm 0.06$ las probables razones de esta contravención son las condiciones y técnica usada.

5.- CONCLUSIONES

El objetivo de evaluar la dosis absorbida en cristalino y glándula tiroides fue logrado con el uso de dosímetros TLD100 adaptados a un fantoma, siendo ésta una técnica reproducible y confiable. Sin embargo, el procedimiento para medir la exposición a la radiación de los pacientes en radiografía panorámica dental con dosímetros termoluminiscentes requiere ser evaluado in situ con el paciente ya que los resultados con el fantoma no se evidencia diferencias relevantes a las dosis límite establecidas por la ICRP (Statement on Tissue Reactions,2011).

Se midió dosis absorbida en cristalino y glándula tiroides en un fantoma de PMMA adaptado para equipos de ortopantomografía en 5 hospitales obteniéndose el valor en mGy de $1.32 \pm SD 0.06$ en cristalino y $1.04 \pm SD 0.05$ en tiroides con dosímetros TLD100 calibrados con una fuente de rayos X odontológico tipo periapical. Los valores encontrados están por encima de los valores encontrados en la literatura; las posibles explicaciones para esto son la utilización de diferentes parámetros, los tipos de equipo, las condiciones, la fuente de calibración, el fantoma usado, entre otros.

Para validar los resultados encontrados se realizarán nuevas mediciones en diferentes condiciones y probando con otras fuentes de calibración como Cs-137, Co-60, Rayos X convencional, entre otros. Buscando de este modo el protocolo adecuado y seguro en la medición de estas mismas dosis en México para pacientes debido a la poca frecuencia de estos estudios en ortopantomografía en el país.

Agradecimientos

Se Agradece la colaboración de I.B. Lizbeth Piña en la revisión; A las unidades HRAEB, HAL, HAP, ESDOM, CEDIMEX por permitir realizar las irradiaciones.

REFERENCIAS

- Andisco, D., Blanco, S., & Buzzi, A. (2014). Dosimetría en radiología. *Revista Argentina De Radiología*, 78(2), 114-117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rard.2014.06.010>
- Azorín Nieto, J. & Azorín Vega, J. (2010). *Protección radiológica*. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Azorín Nieto, J. (1993). *Estudio de las propiedades termoluminiscentes y ópticas de los principales materiales dosimétricos (Doctorado en Ciencias)*. Autónoma Metropolitana - Iztapalapa.
- Bolus N. (2009). Reporte 160. Programa de Tecnología en Medicina Nuclear.
- Charles, M. (2007). ICRP Publication 103: Recommendations of the ICRP. *Radiation Protection Dosimetry*, 129(4), pp.500-507.
- Gillette, E. & Alpen, E. (1998). *Radiation Biophysics*. *Radiation Research*, 149(5), 529.
- Golikov VY, Nikitin VV. Estimation of the mean organ doses and the effective dose equivalent from Rando phantom measurements. *Health Phys* 1989; 56:111—5
- Lesperance M, Martinov M, Thomson R. (2014). Monte Carlo dosimetry for 103Pd, 125I, and 131Cs ocular brachytherapy with various plaque models using an eye phantom. *Med Phys*. 41(3):031706.
- Loaiza Calderon, S. & Alvarez Romero, J. (2006). Calibración de polvo TLD-100 para energías de 60Co, 137Cs, 192Ir y RX de 250, 50 kVp en dosis absorbida en agua con fines de control de calidad dosimétrico para braquiterapia de alta tasa de dosis. *Revista Mexicana De Física*, 52(5), 413–421.
- Moudi, E., Hadian, H., Monfared, A., Haghanifar, S., Deilam, G., & Bahemmat, N. (2013). Assessment of radiation exposure of eyes, parotid and thyroid gland during panoramic radiography. *World Journal of Medicine And Medical Science Research*, 1(3), 044 - 050.
- Pandolfo I, Mazziotti S. (2013). *Orthopantomography* [monograph on the Internet]. Milán: Springer-Verlag Italia; Disponible en <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-88-470-5289-5>
- Sarne DSchneider A. (1996). External Radiation and Thyroid Neoplasia. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*.25(1):181-195.
- Srivastava S, Unni T, Pandarkar S, Mahajan K, Suthar R. (2006). Radiografía Convencional [Conventional Radiography]. Issue 285. 174-180.
- Van Aken, J. & van der Linden, L. (1966). The integral absorbed dose in conventional and panoramic complete-mouth examinations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 22(5), 603-616. [http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220\(66\)90164-2](http://dx.doi.org/10.1016/0030-4220(66)90164-2)

Wakeford R. (2004). The cancer epidemiology of radiation. *Oncogene*; 23(38):6404-6428.