

Radiaciones Recibidas por los Pacientes en el Servicio de Radiología del Hospital Calderón Guardia

Patricia Mora Rodríguez¹

Justificación y objetivo: Los valores de dosis de entrada a piel de los principales estudios radiodiagnósticos del país se desconocen. Por esto, el Laboratorio de Física Nuclear Aplicada de la Universidad de Costa Rica, utilizando la dosimetría termoluminiscente, realizó un estudio de octubre de 1997 a agosto de 1998 para crear el primer banco de datos nacionales.

Materiales y Métodos: Cristales termoluminiscentes (TLD-100) fueron enviados al Hospital Calderón Guardia donde fueron colocados sobre la piel del paciente al tomar la placa de Rayos X. Se recolectaron un total de 1348 estudios radiodiagnósticos para los siguientes estudios: tórax ap/pa, tórax lat, cráneos ap/pa, cráneos lat, abdomen cadera y pelvis, columnas dorsales ap/pa y lat, columnas lumbares ap/pa y lat y pielogramas intravenosos. La lectura y análisis de dosis de los cristales fue realizada en el Laboratorio de Física Nuclear.

Resultados: Las dosis promedio en miliGrays (mGy) para cada estudio fueron: tórax ap/pa 2.73 ± 5.51 , tórax lat 5.27 ± 7.03 , cráneos ap/pa 5.45 ± 6.09 , cráneos lat 3.69 ± 3.47 , abdomen, cadera y pelvis 11.29 ± 10.85 , columnas dorsales ap 12.11 ± 14.98 , columnas dorsales lat 13.54 ± 10.78 , columnas lumbares lat 35.99 ± 21.13 , columnas lumbares ap/pa 13.72 ± 13.15 y pielogramas intravenosos (una placa) 6.50 ± 3.25 .

Conclusiones: Al comparar nuestras dosis con los valores orientativos de dosis del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), se encuentra que para todos los estudios existen cifras por arriba del valor recomendado. Para poder explicarle al paciente la cantidad de radiación recibida en términos no científicos, se propone utilizar una unidad cualitativa, el BERT. Debido a las grandes variaciones en la dosis, se recomienda implementar programas de control de calidad, donde se garantice la disminución de las dosis colectivas y se mantenga o mejore la calidad de la imagen radiológica.

Descriptores: dosis, radiodiagnóstico, BERT, garantía de calidad, termoluminiscencia

Introducción

El Laboratorio de Física Nuclear Aplicada (LAFNA) de la Universidad de Costa Rica emprende, con este trabajo, el primer estudio nacional para cuantificar las dosis de radiación a piel de los estudios radiodiagnósticos más comunes en nuestro país. Estos valores de dosis están reportados en la literatura mundial,¹

pero a nivel nacional se carecía de esta información. Dentro de los principales conceptos de la protección radiológica dictados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR),² las prácticas médicas deben estar justificadas y optimizadas, pero no se puede limitar la cantidad de dosis que se recibe durante un estudio médico. Recientemente, el OIEA, en su publicación Series de Seguridad No. 115,³ establece valores

Abreviaturas: TLD, dosimetría termoluminiscente; OIEA, Organismo Internacional de Energía Atómica; BERT, tiempo equivalente a radiación natural; mGy, miligray.

1 Laboratorio de Física Nuclear Aplicada, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica.

Correspondencia: Patricia Mora, Laboratorio de Física Nuclear Aplicada, Escuela de Física, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica, Centroamérica.

orientativos de dosis para la práctica médica. Los valores de dosis nacionales se compararán con los valores orientativos del OIEA para recomendar posibles acciones que tiendan a mantener estas dosis dentro de los límites internacionales sugeridos. Siempre es válido el recordatorio de que el beneficio neto brindado por un estudio médico donde se utilicen radiaciones ionizantes a bajas dosis de radiación es mucho mayor que cualquier posible daño biológico asociado.

Las magnitudes dosimétricas utilizadas en la descripción y cuantificación de las radiaciones ionizantes no son de fácil entendimiento para el personal médico y técnico, y por ende, mucho menos para el paciente. Se pretende brindarle al cuerpo médico nacional tablas con los estudios radiológicos más comunes donde la unidad dosimétrica sea la unidad cualitativa denominada BERT (**B**ackground **E**quivalent **R**adiation **T**ime), tiempo equivalente de radiación natural, para que así, el personal médico pueda explicarle al paciente de una manera sencilla, la cantidad de dosis de radiación que recibió por placa, basándose en los valores encontrados por este estudio. Al comparar la dosis médica con la radiación natural se pretende contribuir a eliminar la fobia a las radiaciones ionizantes de bajo nivel.

Se plantea la necesidad de introducir en los servicios de radiodiagnóstico programas de control de calidad que mejoren la calidad del estudio diagnóstico, pero manteniendo las dosis lo más bajo posibles.

Materiales y Métodos

El Laboratorio de Física Nuclear Aplicada de la UCR ha implementado la técnica de la dosimetría termoluminiscente^{4,5} como parte de varios proyectos de cooperación técnica con el OIEA. La dosimetría termoluminiscente ha sido utilizada ampliamente para cuantificar las dosis de radiación en radiología diagnóstica y radioterapia.⁶⁻⁸

A través de los proyectos de investigación, el LAFNA ha sido equipado con una lectora Harshaw 4000 y cristales termoluminiscentes de fluoruro de litio (LiF), también de la misma compañía. Las dimensiones de los cristales son de 3x3x1 mm³. Los dosímetros reciben todos los tratamientos térmicos recomendados en la literatura científica.^{9,10}

Los cristales fueron empacados en bolsas de polietileno negro para facilitar su manipulación e identificación. Se enviaron al hospital, donde se colocaron en el centro del campo de radiación, sobre la piel del paciente en los estudios radiológicos ya antes mencionados. Se registraron los siguientes datos: tipo de examen, kilovoltaje, miliamperaje-segundo, combinación película/pantalla, número de sala, sexo y edad del paciente.

Después de ser irradiados, los cristales se devolvieron al LAFNA. La lectora Harshaw 4000 calentó los cristales que emiten una señal luminosa convertida a una carga eléctrica (nC)

y, posteriormente, utilizando las curvas de calibración, la cantidad original de radiación que recibió cada cristal fue convertida en una dosis de entrada a piel. La Figura 1 contiene un diagrama de la metodología empleada.

Resultados

En la Cuadro 1 se muestra el número de estudios radiológicos analizados para cada procedimiento, con un total de 1348 estudios realizados durante el periodo de recolección de datos.

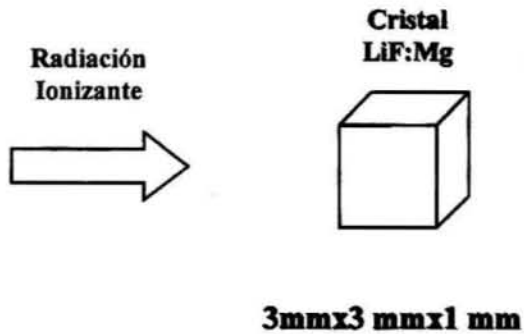
En la Cuadro 2 se presentan las dosis promedio en mGy para cada estudio, así como su correspondiente valor de BERT (asumiendo una dosis efectiva anual de 3 mSv). El concepto del BERT^{11,12} se ilustra en la Figura 2. Las incertidumbres asociadas a cada dosis promedio podrían disminuirse si aumentamos el número de estudios por examen, si la sensibilidad de los cristales se logra disminuir a grupos más homogéneos (por ejemplo a $\pm 2\%$)^{6,8} y si logramos que las técnicas radiográficas para el mismo estudio sean más uniformes y no dependientes del técnico que toma la placa.

La comparación de los datos nacionales contra los valores orientativos de las Normas Básicas del Organismo Internacional de Energía Atómica² se encuentran en la Cuadro 3. Se ha comparado el valor promedio de la dosis para cada estudio con los valores orientativos. Se puede observar que 8 de los 10 estudios mantienen una razón cercana a la unidad, indicando que el promedio de nuestras dosis se mantiene cercano a las recomendaciones del OIEA. Sin embargo, esto no es el caso para los

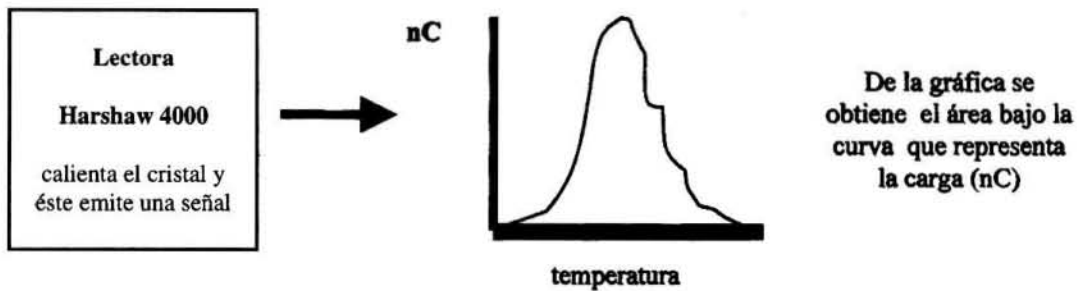
Cuadro 1
Estudios radiológicos analizados
(octubre 97-diciembre 98)

Tipo de estudio	Número
Tórax ap y pa	391
Tórax lat	249
Cráneos ap y pa	124
Cráneos lat	78
Abdomen, caderas y pelvis	239
Columna dorsal ap	19
Columna dorsal lat	14
Columna lumbar ap	94
Columna lumbar lat	96
Pielogramas	44
TOTAL	1348

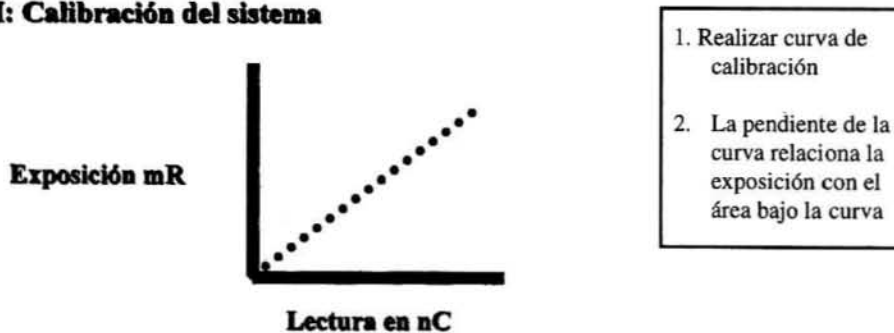
Paso I: Irradiación del cristal



Paso II: Lectura del cristal



Paso III: Calibración del sistema



Paso IV: Cálculo de dosis

$$\text{Dosis (mGy)} = (L - L_0) * S(\text{mR/nC}) * f(\text{mGy/mR})$$

Figura 1. Metodología empleada

Cuadro 2
Dosis promedio en mGy para cada estudio y su correspondiente valor BERT

Tipo de examen	Dosis promedio (mGy)	BERT
Tórax ap y pa	2.73 ± 5.51	11 meses
Tórax lat	5.27 ± 7.03	1 año y 9 meses
Cráneos ap y pa	5.45 ± 6.09	1 año y 10 meses
Cráneos lat	3.69 ± 3.47	1 año
Abdomen, caderas y pelvis	11.29 ± 10.85	3 años y 9 meses
Columna dorsal ap	12.11 ± 14.98	4 años
Columna dorsal lat	13.54 ± 10.78	4 años y 6 meses
Columna lumbar ap	13.72 ± 13.15	4 años y 6 meses
Columna lumbar lat	35.99 ± 21.13	12 años
Pielogramas	6.50 ± 3.25	2 años y 2 meses

BACKGROUND EQUIVALENT RADIATION TIME

TIEMPO EQUIVALENTE A RADIACION NATURAL



Una placa de abdomen: 1mSv?

Radiación natural
=3 mSv
por año

1 mSv = 4 meses
de radiación
natural!

Una placa de abdomen equivale a

4 meses de radiación natural

Figura 2. Modo de empleo de la unidad BERT.

Cuadro 3
Comparación de los datos nacionales contra los valores orientativos
de las Normas Básicas del Organismo Internacional de Energía Atómica

Nombre del estudio	Valor nacional/ valor OIEA	Datos por arriba del valor recomendado por el OIEA	Porcentaje
Abdomen/ cadera /pelvis	1.1	91	38%
Columna dorsal ap	1.7	12	63%
Columna dorsal lat	0.7	2	14%
Columna lumbar ap	1.3	36	38%
Columna lumbar lat	1.2	54	56%
Cráneo ap/pa	1.1	49	39%
Cráneo lat	1.2	32	40%
Pielogramas	0.7	6	14%
Tórax ap/pa	6.8	348	89%
Tórax lat	3.5	216	87%

estudios de tórax, tanto en las proyecciones anteroposterior y lateral; los valores promedio son 6.8 y 3.5 veces mayores, respectivamente, que los recomendados.

También en este cuadro se incluyó una última columna donde se indica el porcentaje de datos para cada estudio que se encuentra por arriba de los valores orientativos. Es importante resaltarlo pues, aunque el valor promedio esté de acuerdo con lo recomendado, se encontró una gran cantidad de datos que están fuera de esos valores sugeridos internacionalmente.

Al analizar para cada estudio radiológico los factores que se utilizaron para tomar las placas se encuentran rangos muy amplios para el kilovoltaje y miliamperaje-segundo utilizados. Esto se puede deber a varios factores como: composición anatómica de cada paciente, sala donde se realiza el estudio y la técnica radiográfica utilizada por cada técnico. No existen en las salas valores recomendados para utilizar en cada estudio radiológico; además, cada técnico va desarrollando su propia técnica con el transcurso del tiempo.

Conclusiones

Este trabajo genera el primer banco de datos nacionales de dosis recibidas en estudios radiológicos. En la literatura mundial se pueden encontrar los valores de dosis suministradas en las diversas prácticas médicas donde se utilizan las radiaciones ionizantes,^{1,13} pero se desconocían nuestros valores nacionales. Los datos presentados en este artículo aparecerán en la próxima publicación del Comité Científico de las Naciones Unidas (UNSCEAR). Los promedios nacionales se encuentran dentro de los rangos reportados por otros países,^{1,14,15} a excepción de los estudios de tórax que discutiremos más adelante.

Se encontró que un porcentaje considerable de estudios supera los valores de dosis orientativos sugeridos por organismos internacionales. Recordando los tres pilares de la filosofía de la protección radiológica, donde los estudios médicos están justificados y optimizados, la limitación de la dosis recibida es sólo una recomendación. No implica esto por ningún motivo que al superar estos valores se esté poniendo en riesgo la salud del paciente. El pensamiento actual detrás de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes de bajo nivel se sustenta en el "modelo lineal sin umbral"² el cual implica que existen riesgos aún con niveles muy bajos. Este modelo está siendo seriamente cuestionado por un grupo grande de científicos mundiales basados en investigaciones recientes.¹⁶ Por lo tanto, no es el objetivo de este trabajo alarmar al cuerpo médico al conocer que algunas dosis superan los valores orientativos internacionales. Por el contrario, el objetivo indirecto es el de fomentar la necesidad de crear en los servicios de radiodiagnóstico programas de garantía de calidad.

El estudio indica claramente la importancia de la implementación de programas de garantía de la calidad¹⁷⁻²⁰ en radiología diagnóstica. Al encontrarse grandes variaciones en las dosis para un mismo tipo de examen, variaciones en los factores utilizados al tomar las placas y dosis que superan los límites recomendados, se hace necesario poner en práctica un programa que logre:

- mantener las dosis tan bajas como razonablemente se puedan,
- disminuir los costos de operación del servicio,
- controlar el correcto funcionamiento de los equipos radiológicos y,
- obtener radiografías de excelente calidad diagnóstica.

La unidad cualitativa **BERT**, es una unidad de fácil entendimiento para que el profesional (médico, tecnólogo, enfermeras, etc.) pueda explicar a los pacientes cuanta radiación recibe por estudio.

Respecto al motivo de las dosis tan altas encontradas en los estudios de tórax, la razón principal es que los radiólogos están acostumbrados a radiografías de alto contraste utilizando kilovoltajes bajos alrededor de 80 kVp, combinación pantalla-película que resalte el contraste y rejillas antidifusoras. Esto está en contraposición de lo recomendado y utilizado en otras partes, donde el estudio de tórax es realizado con radiografías de bajo contraste utilizando kilovoltajes altos alrededor de 145 kVp, películas de latitud y sustituyendo las rejillas antidifusoras por la técnica de separar al paciente de la película. Todos estos cambios a la hora de tomar una placa de tórax, producen una reducción significativa en la dosis y una mejoría en la visibilidad de la anatomía propia encontrada en el tórax. Para poder pasar de un sistema a otro, deberán hacerse cambios importantes en los servicios de radiodiagnóstico que conlleven a una inversión económica, educación al técnico y entrenamiento al radiólogo para visualizar las estructuras anatómicas en una placa final que no presenta tantos "negros y blancos" sino más bien un aspecto grisáceo uniforme.

Agradecimientos

Se agradece a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica cuyo proyecto 112-96-335 permitió realizar esta investigación. Asimismo, al Departamento de Radiología e Imágenes Médicas del Hospital Calderón Guardia y a los estudiantes de la Escuela de Física que colaboraron en la recolección y análisis de los datos.

Referencias

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR): Sources and Effects of Low Level Radiation. New York: United Nations Publications, 1993.
2. Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) Publicación No.60 (1990), Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Nueva York: Pergamon Press, 1991.
3. Organismo Internacional de Energía Atómica, Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y la Seguridad de las Fuentes de Radiación Colección de Seguridad No. 115. Vienna: OIEA, 1997.
4. Oberhofer M, Scharmann A. Applied Thermoluminescence Dosimetry. Great Britain: Adam Hilger Ltd, 1981.
5. Cameron JR, Suntharalingam N, Kenney GN. Thermoluminescent Dosimetry. United States of America: The University of Wisconsin Press, 1968.
6. Wochos JF, Fullerton GD, DeWerd LA. Mailed Thermoluminescent Dosimeter Determination of Entrance Skin Exposure and Half-value Layer in Mammography. Am J Roentgenol 1978; 131: 617-619.
7. Wochos JF, DeWerd LA, Hilko R, et al. Mailed Thermoluminescent Dosimetry Reviews in Radiation Therapy. Med Phys, 1982; 9(6):920-924.
8. DeWerd LA, Chiu NB. The Determination of Radiation Dose by Mail for Diagnostic Radiological Examinations with Thermoluminescent Dosimeters. Rad Prot Dosimetry 1993; 47(1/4):509-512.
9. Horowitz Y. Thermoluminescence and Thermoluminescent Dosimetry. Vol 1. Florida: CRC Press; 1984.
10. McKinlay AF. Thermoluminescence Dosimetry Medical Physics Handbook 5. Great Britain: Hospital Physicists Association, 1981.
11. Cameron JR. A radiation unit for the public. Physics and Society News, 1991; 20:2.
12. Mora P. La radiación en la vida cotidiana. Acta Méd Costarric, 1998;41(2): 16-23.
13. National Council on Radiation Protection and Measurements. Exposure of the U.S. Population from Diagnostic Medical Radiology NCRP Report No. 100. United States of America: National Council on Radiation Protection and Measurements, 1989.
14. Shrimpton PC, Wall BF, Hillier MC. Suggested Guidelines Doses for Medical X Ray Examinations. Radiation Protection Theory and Practice Proceedings of the 25th Anniversary Symposium of the Society of Radiological Protection. Great Britain: 1989.
15. International Atomic Energy Agency. Radiation doses in diagnostic radiology and methods for dose reduction IAEA-Teccdoc-796, Vienna: IAEA, 1995.
16. Simmons JA, Watt DE. Radiation Protection Dosimetry: A Radical Reappraisal. United States of America: Medical Physics Publishing, 1999.
17. Organización Panamericana de la Salud. Garantía de la calidad en radiodiagnóstico. Publicación Científica No. 469. Washington D.C.: OPS, 1984.
18. Barber TC, Thomas JM. Radiologic Quality Control Manual. United States of America: Reston Publishing Company, 1983.
19. World Health Organization. Quality Assurance in Diagnostic Radiology. Geneva: WHO, 1982.
20. Gray JE, Winkler NT, Stears J, Frank ED. Quality Control in Diagnostic Imaging. Baltimore: University Park Press, 1983.