



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i4.1559>

Ciencias de salud
Artículo de revisión

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

Threshold limit value of exposure to ionizing radiations in patients undertaking a simple radiological diagnosis

Limite de valor de exposição a radiações ionizantes em pacientes sob um diagnóstico radiológico simples

Jacinto Yaris López-Zambrano ^I
yarislopez29@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3578-9860>

Christian Paul Vera-Zambrano ^{II}
cristian_chino1994@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9424-0624>

Maria Auxiliadora López-Zambrano ^{III}
maria.lopezz@uleam.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9424-0624>

Maria Dioselina Parraga-Zambrano ^{IV}
dioselina_34@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9424-0624>

Correspondencia: yarislopez29@hotmail.com

***Recibido:** 19 de septiembre de 2020 ***Aceptado:** 20 de octubre de 2020 * **Publicado:** 16 de noviembre de 2020

- I. Magister en Investigación Clínica y Epidemiológica, Licenciado en la Especialización de Radiología e Imagenología, Médico Cirujano, Tecnólogo Médico Especialización Radiología e Imagenología, Universidad del Zulia División de Estudios para Graduados de la Facultad de Medicina Doctorado en Ciencias de la Salud, Venezuela.
- II. Médico Cirujano, Hospital de Especialidades Portoviejo, Portoviejo, Ecuador.
- III. Master Universitario en Dirección y Gestión Sanitaria, Médico Cirujano, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.
- IV. Médico Cirujano, Hospital General de Manta, Manta, Ecuador.

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

Resumen

Con el propósito de estudiar el valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple se realizó estudio descriptivo de tipo documental sustentado en base de datos indexada electrónicamente en los últimos 25 años de autores y normas internacionales de protección radiológica tales como Church Ch, Carstensen E, Nyborg W, Carson P, Frizzell L, Bailey M. 2008; Johns HE, Cunningham JR. (1983); The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB (2013; European Commission (EC-1999a) entre otros. La presencia de radiaciones ionizantes en el medio ambiente y lugares de trabajo puede producir daños en la salud de las personas. La exposición en exceso a estas radiaciones puede dar lugar a la aparición de ciertos efectos negativos para la salud. Todos los estudios imagenológicos con radiaciones ionizantes deben ser realizados con dosis conocidas. Se concluye que para cada tipo de estudio se establecen dosis que se conocen en función del órgano irradiado, con el fin de administrar mínimas dosis.

Palabras Claves: Valor límite umbral; exposición; radiaciones ionizantes; pacientes diagnóstico radiológico simple.

Abstract

In order to study the threshold limit value of exposure to ionizing radiation in patients undergoing simple radiological diagnosis, a documentary descriptive study was carried out based on electronically indexed data in the last 25 years of authors and international radiological protection standards such as Church Ch, Carstensen E, Nyborg W, Carson P, Frizzell L, Bailey M. 2008; Johns HE, Cunningham JR. (1983); The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB (2013, European Commission (EC-1999a), etc. The presence of ionizing radiation in the environment and workplaces can cause damage to the health of Excess exposure to these radiations can lead to the appearance of certain negative health effects All the imaging studies with ionizing radiation should be carried out with known doses It is concluded that for each type of study doses

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

are established they are known in function of the irradiated organ, in order to administer minimum doses.

Keywords: Threshold limit value; exposure; ionizing radiation; simple radiological diagnosis patients.

Resumo

Para estudar o valor limite de exposição à radiação ionizante em pacientes submetidos a um diagnóstico radiológico simples, foi realizado um estudo descritivo, do tipo documental, a partir de uma base de dados indexada eletronicamente nos últimos 25 anos de autores e de normas internacionais de proteção radiológica como Church Ch, Carstensen E, Nyborg W., Carson P, Frizzell L, Bailey M. 2008; Johns HE, Cunningham JR. (1983); As Recomendações de 2007 da Comissão Internacional de Proteção Radiológica; Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB (2013; Comissão Europeia (EC-1999a), entre outros. A presença de radiação ionizante no ambiente e locais de trabalho pode causar danos à saúde de A exposição excessiva a essas radiações pode levar ao aparecimento de alguns efeitos negativos à saúde. Todos os estudos de imagem com radiação ionizante devem ser realizados com doses conhecidas. Conclui-se que para cada tipo de estudo se estabelecem doses que são conhecidos dependendo do órgão irradiado, para administrar doses mínimas.

Palavras-chave: Valor limite limiar; exposição; radiação ionizante; pacientes; diagnóstico radiológico simples.

Introducción

Desde el comienzo de los tiempos, los seres humanos han sido expuestos a radiaciones ionizantes. Se postula inclusive que gracias a esta exposición es que la especie humana está en continuo proceso de evolución. Las fuentes de radiación son múltiples, algunas de ellas son parte inalterable del medio ambiente y otras son producto de nuestros avances tecnológicos. De hecho, los seres humanos contenemos de manera natural materiales radiactivos, tales como el potasio 40 y el carbono 14, los cuales se desintegran y liberan radiación en nuestros cuerpos. Desde que Röntgen descubrió de manera casual los rayos X, en 1895, la utilización de éstos

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

se difundió muy rápidamente. Hoy en día, los exámenes imaginológicos son considerados como auxiliares de primera línea para el diagnóstico, plan de tratamiento, tratamiento y control de diferentes patologías. Sin embargo, más allá de su utilidad, la cual es innegable; se les asocia a factores de riesgo, consecuencias adversas y hasta enfermedades fatales Church Ch, Carstensen E, Nyborg W, Carson P, Frizzell L, Bailey M. (2008).

La enorme concientización que, día a día, se percibe a nivel mundial y en el Ecuador en temas de protección radiológica en medicina es la mejor respuesta al gran esfuerzo realizado por muchos profesionales dedicados a esta problemática. La dosimetría en radiología es un tema difícil de abordar, pero de vital importancia para una adecuada estimación de las dosis con las cuales el trabajador ocupacionalmente expuesto debe ejecutar sus funciones laborales bajo un valor límite umbral de radiación ionizante.

Los efectos de la radiación en los tejidos se clasifican en 2 categorías: efectos estocásticos (o probabilísticos) y no estocásticos (o no probabilísticos). Los efectos no estocásticos (antiguamente llamados determinísticos) se relacionan con la superación de un umbral de dosis. Es decir, si se ha depositado una dosis equivalente suficientemente alta, aparecerán con certeza cierto tipo de consecuencias. Por ejemplo, si una dosis equivalente de rayos X excede 1 sievert (Sv) (100 REM Roentgen Equivalent Man en antiguas unidades), se observará un enrojecimiento de la piel; después de cierto nivel de dosis, se producirán cataratas en los ojos (más de 2 gray [Gy]), entre otras.

Por su parte, los efectos estocásticos o probabilísticos son aquellos cuya posibilidad de aparición aumenta con la dosis de radiación, pero la gravedad es la misma (no depende de la dosis). No hay un umbral para los efectos estocásticos, ya como lo indica esta palabra en su significado, es algo que ocurre al azar y que es de naturaleza aleatoria. Los ejemplos más conocidos son el desarrollo de cáncer y las mutaciones genéticas. Las unidades dosimétricas más utilizadas en radiología para cuantificar las dosis incluyen la exposición (C/kgaire o roentgen [R]), la dosis absorbida (Gy o rad), la dosis equivalente (Sv o REM) y la dosis efectiva (Sv o REM).

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

En este contexto se planteó estudiar las principales características que describen las unidades antes señaladas mediante valores de límites umbrales de referencia para exposición a radiación ionizante en personal radiólogo.

Objetivo General:

Estudiar el valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple.

Materiales y métodos

Se realizó estudio descriptivo de tipo documental sustentado en base de datos indexada electrónicamente en los últimos 25 años de autores y normas internacionales de protección radiológica tales como Church Ch, Carstensen E, Nyborg W, Carson P, Frizzell L, Bailey M. 2008; Johns HE, Cunningham JR. (1983); The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB (2013; European Commission (EC-1999a) entre otros

Análisis e interpretación de los resultados

La presencia de radiaciones ionizantes en el medio ambiente y lugares de trabajo puede producir daños en la salud de las personas. La exposición en exceso a estas radiaciones puede dar lugar a la aparición de ciertos efectos negativos para la salud. Debe tenerse en cuenta que todas las actividades humanas generan ciertos riesgos, si bien muchos de ellos pueden considerarse muy bajos. La sociedad acepta ciertos niveles de riesgo en determinadas actividades con el fin de obtener los beneficios que se generan. Church Ch, Carstensen E, Nyborg W, Carson P, Frizzell L, Bailey M..(2008).

En el campo de la protección radiológica, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) utiliza el término “riesgo” como la probabilidad de que se produzca un efecto perjudicial teniendo en cuenta no solo su probabilidad sino también la gravedad del suceso.

La exposición es una magnitud que cuantifica la capacidad que posee un haz de rayos X para ionizar una masa de aire. Esto expresa la cantidad de carga eléctrica de los electrones (Q) que se genera por de masa de aire (m). En el Sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad es

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

el coulomb (C) por cada kg de aire (C/kgaire). Sin embargo, la unidad tradicional utilizada como unidad de exposición es R, que equivale a $2,58 \times 10^{14}$ C/kg. La exposición puede ser utilizada para medir la radiación que recibe un chasis, un intensificador de imágenes o la piel del paciente Church Ch, Carstensen E, Nyborg W, Carson P, Frizzell L, Bailey M..(2008).

Esta magnitud es muy utilizada, porque es fácil de medir, pero no ofrece información sobre el daño producido en el paciente debido a que no tiene en cuenta la radio sensibilidad de los tejidos u órganos que atraviesa. La denominada «tasa de exposición» es una magnitud que determina la exposición por unidad de tiempo. En la radiología, es muy usual medir la cantidad de mR/h detectados antes o después de un blindaje, y muchas cámaras de ionización presentan estas unidades. Por ejemplo, se espera que el blindaje de la carcasa (calota) de un tubo de rayos X convencional no permita medir una tasa de exposición mayor de 100 mR/h a 1 metro de distancia International Atomic Energy Agency. (BSS) 1996.

En radiodiagnóstico, la exposición (R) y la dosis absorbida (rad) son en general numéricamente similares, pero cuando se utiliza el SI, transformar la exposición en dosis absorbida exige la necesidad de utilizar factores de conversión. Por esta razón, en lugar de la exposición, se utiliza la magnitud conocida como kerma (kinetic energy released per unit of mass). El kerma en aire se define como la energía cinética (en Joules [J]) transferida por los fotones de rayos X a los electrones liberados por unidad de masa (kg) de aire ionizado.

Su unidad, según el SI, es el Gy (que es igual a J/kg).

La dosis absorbida es una magnitud que expresa la cantidad de energía absorbida por unidad de masa de un material. Es una magnitud genérica, definida para cualquier tipo de radiación o material, que se utiliza en radiobiología debido a que es una excelente magnitud para estimar el daño producido por la radiación en un órgano que ha sido irradiado por un tipo específico de radiación. En el SI, su unidad es el Gy, que es igual a J/kg. Un Gy equivale a 100 rad de las antiguas unidades. Si se desea convertir un valor de exposición (R) en dosis absorbida (Gy), deben utilizarse factores de conversión que dependen del material. En el caso de haces de rayos X utilizados en el radiodiagnóstico, los factores de conversión toman valores entre 0,91 y 0,95 aproximadamente, para la mayoría de los tejidos. International Atomic Energy Agency. (BSS) 1996

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

Los efectos no estocásticos que pueden ocurrir a ciertas dosis se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Efectos sobre algunos ejidos y órganos expuestos según la dosis.

Órgano	Dosis media absorbida (Gy)	Efectos
Piel	5	Alopecia
Piel	2 a 5	Eritema
Testículo	> 4	Esterilidad permanente
Testículo	0,15 a 4	Esterilidad temporal
Ovarios	> 3	Esterilidad permanente
Ovarios	> 0,6	Esterilidad temporal
Cristalino	> 2	Cataratas
Médula ósea	0,25	Decrecimiento plaquetario

Fuente: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB (2013)

Las investigaciones en radiobiología demuestran que, para un mismo valor de dosis absorbida, los daños biológicos son diferentes en función de la radiación incidente. Por ejemplo, las partículas alfa o los neutrones generan un daño biológico mayor que la radiación X o gamma (g) para una misma dosis absorbida. La magnitud conocida como dosis equivalente introduce factores de peso que ponderan estos efectos biológicos en función de la radiación. De esta forma, la dosis equivalente se define como el producto entre uno de estos factores de peso y la dosis absorbida. Por ejemplo, para el caso de la radiación alfa, el factor es 20, mientras que para los rayos X o gamma, el factor es 1 (con lo cual, la dosis absorbida y la dosis equivalente son numéricamente iguales).

Según el SI, su unidad es el Sv, diferenciándolo de las dosis absorbidas con el fin de indicar la consideración de daño biológico. La dosis equivalente es un indicador primario de protección radiológica, ya que especifica los límites de radiación para los trabajadores ocupacionalmente expuestos. Por ejemplo, la dosis equivalente límite para el cristalino en el Ecuador se ha disminuido de 150 mSv a 20 mSv, obligando a los profesionales que trabajan en intervencionismo a que utilicen anteojos plomados para alcanzar las dosis indicadas. La probabilidad de aparición de

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

efectos estocásticos en un determinado órgano o tejido depende no solo de la dosis equivalente recibida por dicho órgano o tejido, sino también de la radiosensibilidad del órgano irradiado. Por esto, y a partir de la irradiación que recibiría una persona en todo su cuerpo, se ha adjudicado un factor de peso (WT) a cada órgano (International Commission on Radiological Protection, 2007) (tabla 2).

Tabla 2: Coeficientes de radios según los diferentes órganos y sensibilidad tejidos y t

Tejido/órgano	WT
Mama	0,12
Médula ósea roja	0,12
Colon	0,12
Pulmón	0,12
Estómago	0,12
Gónadas	0,08
Tiroides	0,04
Vejiga	0,04
Hígado	0,04
Esófago	0,04
Piel	0,01
Cerebro	0,01
Superficie ósea	0,01
Glándulas salivales	0,01
Resto del organismo	0,12

Fuente: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB (2013)

Cada uno de los coeficientes representa un porcentaje de la irradiación en el cuerpo entero (100%), y su suma total es igual a 1. De esta forma, la dosis efectiva permite diferenciar 2 estudios realizados con iguales parámetros radiológicos, pero que en diferentes partes del cuerpo tendrán valores diferentes por irradiar órganos distintos International Atomic Energy Agency. (BSS) 1996. Sin embargo, la dosis efectiva no es representativa de la dosis recibida por un paciente en particular, ya que estos coeficientes son genéricos y se extraen de numerosas estadísticas realizadas desde hace años en el área de la radiobiología. En la tabla 3 pueden observarse valores representativos (estadísticos) de dosis efectivas de diferentes estudios para su comparación y equivalencia con la cantidad de placas de tórax. Cabe destacar que estos valores son solo de referencia, y se utilizan para tomar conciencia del daño biológico generado en cada tipo de estudio. Gracias a los avances tecnológicos, seguramente habrá centros que entreguen una dosis menor que la de referencia.

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

Tabla 3: Dosis efectivas representativas para los estudios de rayos X comunes

	Dosis equivalente (mSv)	Cantidad efectiva de placas de tórax
<i>Tipo de estudio</i>		
Radiografía de extremidades de tórax PA	< 0,01	< 0,5
Radiografía de cráneo	0,07	3,5
Radiografía de cadera	0,3	15
Radiografía de columna dorsal	0,7	35
Radiografía de columna lumbar	1,3	65
Radiografía de pelvis	0,7	35
Radiografía de abdomen	1,0	50
Esofagograma	1,5	75
Urograma excretor	2,5	125
Esófago-gastro-duodenal	3	150
Tránsito intestinal	3	150
Colon por enema	7	350
<i>Medicina nuclear</i>		
TC de cabeza	2,3	115
TC de tórax	8	400
TC de abdomen o pelvis	10	500
<i>Medicina nuclear</i>		
Ventilación pulmonar (Xe-133)	0,3	15
Perfusión pulmonar (Tc-99m)	1	50
Renal (Tc-99m)	1	50
Tiroidea (Tc-99m)	1	50

mSV: sievert; PA: posteroanterior; TC: tomografía computada.

Fuente: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection; Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB (2013)

Conclusiones

Uno de los principales lineamientos que se han de seguir en el diagnóstico por imágenes es el de intentar obtener una imagen confiable y de calidad adecuada para un correcto diagnóstico, pero aplicando en el paciente la menor dosis posible. Por este motivo, es importante establecer actividades de optimización.

Todos los estudios imagenológicos con radiaciones ionizantes deben ser realizados con dosis conocidas, para poder trabajar con temas de optimización para bajar las dosis tanto como sea

Valor límite umbral de exposición a radiaciones ionizantes en pacientes sometidos a diagnóstico radiológico simple

razonablemente posible, manteniendo, a la vez, una calidad de imagen adecuada.

Para cada tipo de estudio se establecen dosis que se conocen en función del órgano irradiado, con el fin de administrar mínimas dosis. En el caso de los estudios radiológicos, se utiliza la magnitud denominada kerma en aire en la entrada de la piel, que se mide en mGy o mGy.

Referencias

1. Church Ch, Carstensen E, Nyborg W, Carson P, Frizzell L, Bailey M. The risk of exposure to diagnostic ultrasound in postnatal subjects. *J Ultrasound Med.* 2008; 27 (4): 565-92.
2. Johns HE, Cunningham JR.(1983) *The physics of Radiology.* Springfield: Thomas;
3. Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB (2013). Cancer risk in 680,000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ.*;346:f2360.
4. National Radiological Protection Board (NRPB-U.K.). (1999). Guidelines on patient dose to promote optimization of protection for diagnostic medical exposures. Documents of the NRPB, Vol. 10, N.º 1. Didcot: National Radiological Protection Board;
5. European Commission (EC-1999a). Guidance on diagnostic reference levels (DRLs) for medical exposures. Radiation Protection 109. Directorate-General, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. European Commission.
6. European Commission (EC-1999b). European Guidance on Quality Criteria for Computed Tomography. EUR 16262 EN 1999.
7. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP.* 2007; 37:1-332.
8. International Atomic Energy Agency. (BSS) 1996. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series 115, International Atomic Energy Agency,

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).