

Radioprotección: papel del radiólogo en la práctica diaria.

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: **María Montserrat Duh**, Juan Carlos Rodríguez

Objetivos Docentes

Revisar el papel del radiólogo en el uso responsable de las radiaciones ionizantes que ayude a concientizarnos en la importancia de evitar a la sobreexposición de los pacientes a las mismas.

Revisión del tema

ALARA es el Principio Rector del uso de la Radiación en Exámenes Clínicos.

ALARA significa As Low As Reasonably Achievable, “tan bajo como sea razonablemente posible”.

Constituye el principio utilizado para balancear el riesgo potencial por exposición a la radiación con el beneficio clínico de un procedimiento médico que utiliza dicha radiación ionizante.

La dosis de radiación impartida en un examen determinado debe ser suficiente como para permitir una calidad de imagen diagnóstica, de manera que permita responder a la cuestión clínica, pero lo suficientemente baja como para minimizar el riesgo del paciente tomando en consideración todos los factores relevantes.

El aumento exponencial que se viene experimentando en la exposición radiológica de los pacientes, aun con el gran beneficio que supone en cientos de técnicas, que aumentan progresivamente las posibilidades de curación y supervivencia en graves y complejas dolencias, conlleva también al incremento del riesgo derivado de daño potencial debido a las radiaciones ionizantes.

Los procedimientos radiológicos de diagnóstico que utilizan radiación ionizante incluyen principalmente rx simple, procedimientos fluoroscópicos, tomografía computarizada y procedimientos intervencionistas guiados por TC o fluoroscopia. Otra fuente de radiación médica son fármacos radiactivos con fines de diagnóstico y terapéutico utilizados en medicina nuclear, radioterapia y la combinación de estos aceleradores como el PET / CT y CT-guiadas para la radioterapia.

Las dosis altas de radiación utilizadas en algunos de estos procedimientos intervencionistas pueden producir efectos determinísticos (como resultado de la muerte celular después de dosis alta absorbida), se han portado casos de radiodermatitis y pérdida de cabello. (7,8,9).

Varios estudios han demostrado que la exposición a largo plazo a la radiación ionizante de baja dosis están relacionados con efectos estocásticos y aumenta el riesgo de mutaciones de ADN y leucemia

(2,3,4,5,6).

Afortunadamente, la Radioprotección, poco a poco, se va convirtiendo en una preocupación para los profesionales de la Salud y los Radiólogos tiene un papel principal en la promoción del uso responsable de la radiación ionizante, en su trabajo diario.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) recomienda una justificación de la exposición a la radiación ionizante en medicina en múltiples niveles (figura 1):

Nivel 1: uso de la radiación en medicina en general: el uso médico de la radiación hacer más bien que mal.

Nivel 2: procedimiento específico con un objetivo específico (para juzgar si el procedimiento mejorará el diagnóstico (rayos X en pacientes con síntomas relevantes, por ejemplo).

Nivel 3: procedimiento específico para un paciente individual.

Hay algunas medidas que radiólogo puede implementar en la para ayudar a reducir la exposición a las radiaciones ionizantes:

- Información del paciente
- Revisar los protocolos y las indicaciones del TC
- Apoyar el uso de los estudios no ionizantes
- La educación en cuestiones de protección radiológica y la seguridad radiológica.
- La dosis de radiación y la radiación Historia
- Actualización del equipamiento y las políticas de radiación.

INFORMACIÓN DEL PACIENTE

Los pacientes expuestos a pruebas diagnósticas tienen derecho conocer qué es la radiación ionizante, para qué se utiliza en medicina, cuáles son los beneficios y riesgos de su uso en procedimientos de diagnóstico y qué procedimientos diagnósticos alternativos existen.

Siguiendo lo establecido en la Directiva 2013/59/EURATOM del consejo de 5 de diciembre de 2013, también deben tener fácil acceso a la información sobre la dosis que han recibido y su historia dosimétrica.

La información puede ser transmitida por varios medios, vía oral a través del técnico o radiólogo cuando el paciente acude al Servicio de Radiología, a través de carteles en dispuestos en las paredes de los Servicios de Radiología, escrito en folletos y páginas web. La SERAM, por ejemplo, ha lanzado una plataforma informativa para pacientes e instituciones sobre la radiología: la página web 'www.inforadiologia.org' y en las redes sociales del colectivo, donde cualquier persona puede realizar consultas directas y encontrar información sobre este tipo de pruebas diagnósticas.

Informar al paciente, además ser una obligación del profesional y derecho del paciente, puede también facilitar disminuir el miedo exagerado o irrazonable exposición a la radiación, ya la probabilidad de inducción de cáncer por radiación aumenta en un 5-6% por cada 1000 mSv de dosis efectiva y, que el aumento de riesgo en la mayoría de exploraciones radiológicas es pequeño comparado con el riesgo de aparición natural de cáncer, que se halla entre 14% y 40%. También puede ayudar a evitar la realización de no justificada exploraciones que a veces resultan de la presión ejercida por paciente o la familia.

PROTOCOLOS E INDICACIONES DE LA TOMOGRAFIA COMPUTADA

La reducción de la dosis de radiación y la mejora de la calidad de las imágenes son preocupaciones universales en radiología, principalmente en aquellos estudios que utilizan mayor cantidad de radiación como la TC.

Existen diferentes estrategias para reducir las dosis de radiaciones ionizantes en TC:

-optimizar los parámetros técnicos:

Potencia máxima del tubo de rayos X (kVp): Kilovoltaje superior aumenta la energía de flujo y media del espectro de rayos X producidos por el tubo y la dosis de radiación en una manera exponencial. Bajo kilovoltajes reduce la dosis, pero aumenta el ruido.

Las potencias posibles y razonables para un adulto es de entre 120 a 140 kVp (teniendo en cuenta la necesidad de adecuarla a la masa corporal), y 90 a 120 kVp en los niños.

Corriente del tubo (mA): es directamente proporcional, duplicando el mA duplica la dosis de radiación recibida. Los estudios más bajos mA son más ruidosos, pero pueden producir imágenes adecuadas para diagnosticar a una dosis mucho más baja.

Velocidad de la mesa (cm / s): relación inversa. Reducir a la mitad los resultados de velocidad de la mesa en la duplicación de la dosis de radiación.

Velocidad de rotación del tubo: es directamente proporcional, doblando el tiempo de rotación del pórtico se duplica la dosis de radiación (11).

-reducir el número de adquisiciones (energía dual), y

-emplear sistemas de control automático de exposición (modulación automática de corriente).

Es importante revisar las indicaciones y protocolos de TC y para garantizar la utilización de "dosis tan bajas como sea razonablemente como sea posible".

Se sabe que dosis menores de radiación se traducen en estudios con más ruido en la imagen pero los radiólogos deben tener en cuenta que según el diagnóstico presuntivo, se pueden crear protocolos que irradien menos a los pacientes aunque generan imágenes ruidosas, por ejemplo, en la búsqueda de litiasis del tracto urinario o de control nódulo pulmonar.

Evitar el uso o reducir el número de fases de un estudio cuando sea posible también puede ayudar a reducir la exposición a la radiación.

PROTECTORES

Otra técnica sencilla, usada desde hace muchos años y habitual en la práctica diaria para la reducción de la dosis es el uso de escudos de bismuto. Los tradicionales, como el gonadal mediante el bloqueo casi por completo el haz de radiación. Se ha demostrado que los escudos de bismuto de mama reducen la dosis recibida de un 26,9% a un 52% en los adultos y los de órbita el 34%.

PROMOVER LA REALIZACION DE ESTUDIOS QUE NO USAN RADIACIONES IONIZANTES

Los radiólogos siempre deben promover el uso de los estudios que no usan radiaciones ionizantes cuando sea posible.

Ocasionalmente, los radiólogos, por comodidad o para evitar realizar más de un estudio a un paciente o por falta de tiempo de máquina en el caso de la RMN elegimos el camino más fácil y aceptamos hacer TCs a pacientes que podrían tener diagnóstico con ecografía o RNM sin tener en cuenta que las

radiaciones ionizantes no son inocuas y la dosis recibida es acumulativa. Es nuestro deber realizar ecografías el uso de la ecografía como método diagnóstico litiasis del tracto urinario y apendicitis, el uso de la RMN en el embarazo o los jóvenes con enfermedad inflamatoria intestinal o sospecha de apendicitis, el uso de angioRMN de tórax en las mujeres embarazadas o jóvenes cuando se sospecha de tromboembolismo pulmonar.

Nunca debemos permitir la realización de una tomografía computarizada injustificada.

Debemos participar en el desarrollo de directrices, protocolos, guías o sistemas de soporte de decisiones en los Servicios de Radiología e interhospitalarias.

FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE LA MEDICINA EN TEMAS DE RADIOPROTECCION Y SEGURIDAD RADIOLOGICA.

La educación de los profesionales de la medicina en la protección radiológica y la seguridad sigue siendo un desafío porque las facultades de medicina y programas de postgrado dan poca importancia a estas cuestiones.

Los médicos radiólogos y técnicos radiólogos deben estar al tanto de las preocupaciones de radioprotección desde el comienzo de su educación y recibir formación adecuada para adquirir habilidades en el uso de las técnicas más para conseguir la dosis más baja posible sin comprometer la calidad de los estudios.

La concientización de médicos de otras especialidades que solicitan pruebas, sobre los riesgos de carcinogénesis de la radiación ionizante también forma parte de la educación promoviendo la elección de pruebas preferidas o alternativas al uso de radiaciones ionizantes.

Formación y cursos de protección radiológica en medicina deben ser exigidos por los radiólogos.

DOSIS DE RADIACION E HISTORIA DOSIMETRICA

El riesgo de radiación depende de diferentes factores que incluyen:

- Sexo y edad
- Tipo de radiación
- Dosis absorbida en cada órgano
- Radiosensibilidad de los órganos expuestos.

El sexo, la edad y el tipo de radiación son datos de fácil comprobación. Sin embargo la dosis de los órganos depende de más factores, algunos de los cuales no pueden ser cuantificados fácilmente, como el tamaño del paciente y la distribución de sus órganos. Además la Radiosensibilidad de los órganos del paciente puede resultar de difícil evaluación ya que varía en cada órgano y varía entre los individuos en una población determinada.

Por lo tanto la mayoría de las estimaciones de la dosis en Tomografía Computada se basan en factores de conversión, en datos medibles y cuantificables reflejados por los parámetros CTDI y DLP, para estimar la dosis efectiva, lo cual brinda una aproximación del riesgo relativo a la radiación.

El parámetro CTDI es útil para comparar la producción de RX de distintos Tomógrafos; pero no tiene en cuenta la absorción de RX a lo largo de la longitud del barrido.

El parámetro CTDI se obtiene en base a mediciones utilizando un dosímetro, denominado Cámara de Ionización, y que se coloca dentro de Fantomas cilíndricos de acrílico cuyo diámetro es de 16 cm para estimación de dosis en la cabeza o de 32 cm para estimaciones en el tronco. La unidad de medida del CTDI es miliGray (mGy).

El Producto Dosis Longitud (DLP) (FIG. 2) es una estimación de la dosis total absorbida en un fantoma a lo largo de la extensión del barrido.

El Producto Dosis Longitud se define como el producto entre el parámetro CTDI multiplicado por la Longitud del barrido. Esta última se expresa en centímetros (cm).

El DLP es útil para comparar la dosis de los protocolos de examen.

La unidad de medida del DLP es miliGray -centímetros (mGy.cm).

La Dosis Efectiva tiene en cuenta las distintas Radiosensibilidades de los órganos en una determinada área irradiada. Permite efectuar la comparación de riesgo de los efectos estocásticos en una exposición no uniforme con información conocida sobre exposición a radiación de una determinada población.

La Dosis Efectiva se define como la suma ponderada de las dosis absorbidas por cada órgano teniendo en cuenta la Radiosensibilidad de los mismos. Las distintas Radiosensibilidades de órganos se estiman en base a promedios poblacionales utilizando exposiciones de cuerpo entero con niveles de dosis superiores a los que típicamente se usan en imágenes médicas (por ejemplo los datos de sobrevivientes de las bombas atómicas).

La Dosis Efectiva se estima comúnmente en Tomografía Computada utilizando el parámetro DLP multiplicado por un coeficiente de conversión de dosis:

– Dosis Efectiva = DLP x coeficiente de conversión de dosis. (FIG.3)

El propósito de estos coeficientes de conversión (también conocidos como Factores K) es considerar aquellos órganos expuestos a la radiación en la región estudiada con su Radiosensibilidad relativa. Para pacientes pediátricos existen coeficientes de conversión que tienen en cuenta la edad del paciente.

Los coeficientes de conversión se determinan por el criterio profesional de expertos en el campo de la Física Médica y la Radiología. Existen diferentes conjuntos de coeficientes de conversión de dosis y los investigadores revisan continuamente el desarrollo de tales coeficientes.

La Dosis Efectiva es una estimación que se hace en Tomografía Computada con lo cual este parámetro no tiene en cuenta las diferencias de género, tamaño del paciente o variaciones inherentes de la Radiosensibilidad del paciente. Además, con excepción de los pacientes pediátricos, la estimación de Dosis Efectivas no tiene en cuenta a la edad del sujeto.

La unidad de medida de la dosis efectiva es miliSieverts (mSv).

Hay algunas reglas sencillas pueden ser útiles en el cálculo de la radiación eficaz en mSV:

-para el cerebro: tomar de 1% del DLP y dividir por 5.

-para los estudios del cuerpo: tomar de 1% del DLP y añadir la mitad de esa cifra.

Límites anuales de dosis para los miembros del público:

Límite anual para el caso de exposición total del organismo.

El límite anual de dosis para la totalidad del organismo, referido a un período de 1 año oficial, es de 1 mSv.

CSN podrá autorizar valores de dosis efectiva superiores en un único año oficial siempre que el promedio durante 5 años oficiales consecutivos no sobrepase 1 mSv/año oficial.

Límites anuales para el caso de exposición parcial del organismo.

Los límites anuales son los siguientes:

Cristalino 15 mSv/año oficial.

Piel 50 mSv/año oficial

Por contaminación radiactiva cutánea, y referido a la dosis media de una superficie de 1 cm² en cualquier región cutánea Mano, antebrazos, pies y tobillos 50 mSv/año oficial.

EQUIPAMIENTO

Otro desafío en Radiología, y muy difícil de resolver, es mantenerse a la vanguardia de la tecnología en el equipamiento. La tecnología en radiología (Equipo, software, alarmas) y por tanto protocolos de estudio y puede cambiar radicalmente cada 5-10 años. Por lo tanto, hay una continua necesidad de revisar y actualizar todas las políticas y procedimientos de radiación como los nuevos equipos en uso y tener los medios económicos para renovarlos.

POLITICAS DE RADIACIÓN Y AUDITORIAS

Las auditorías clínicas son requisitos determinados en la directiva europea 97/43 / Euratom, que las definen como un "examen o revisión sistemáticos de procedimientos radiológicos médicos que busca mejorar la calidad y el resultado de la atención al paciente a través de la revisión estructural de las prácticas radiológicas, procedimientos y los resultados, en contraposición a estándares acordados, con la modificación de la práctica donde se indica y la aplicación de nuevos estándares si es necesario "(1).

Imágenes en esta sección:

Justificación de la exposición a la radiación ionizante en medicina(ICRP)

NIVEL 1	uso de la radiación en medicina en general: el uso médico de la radiación para hacer más bien que daño.
NIVEL 2	procedimiento específico con un objetivo específico (para juzgar si el procedimiento mejorará el diagnóstico (rayos X en pacientes con síntomas relevantes, por ejemplo).
NIVEL 3	procedimiento específico para un paciente individual.

Fig. 1: La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) recomienda una justificación de la exposición a la radiación ionizante en medicina en múltiples niveles.

Exam Description: SCANNER TORACO-ABDOMINAL

Informe de Dosis

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	539.500-1368.000	8.82	400.05	Body 32
2	Helical	1128.750-1571.250	10.42	509.02	Body 32
Total Exam DLP:				909.07	

1/1

Fig. 2: INFORME DE DOSIS Y DLP

Factores de conversión de dosis

	ADULTO	10 AÑOS	5 AÑOS	1 AÑO	NEONATO
CABEZA	0,0021	0,0032	0,0040	0,0067	0,0110
CUELLO	00,59	0,0079	0,0110	0,0120	0,0170
TORAX	0,014	0,0130	0,0180	0,0260	0,0390
ABDOMEN PELVIS	0,015	0,0150	0,0200	0,0300	0,0490

Fig. 3: Factores de conversión de dosis

Conclusiones

La participación del radiólogo en medidas para minimizar la exposición a los rayos X es una obligación ética para controlar el uso cuidadoso y juicioso de la tecnología de la TC y procedimientos fluoroscópicos.

Los radiólogos somos los primeros responsables en promover el uso responsable de las mismas, utilizarlas nosotros mismos, adecuadamente y, de informar y educar a los otros profesionales y la población en general sobre los reales riesgos y beneficios de las mismas, intentando cumplir el

Juramento Hipocrático que hicimos cuando nos convertimos en profesionales: "En cuanto pueda y sepa, usaré las reglas dietéticas en provecho de los enfermos y apartaré de ellos todo daño e injusticia. Jamás daré a nadie medicamento mortal, por mucho que me soliciten, ni tomaré iniciativa alguna de este tipo; tampoco administraré abortivo a mujer alguna. Por el contrario, viviré y practicaré mi arte de forma santa y pura." (15).

Dos factores clave que no debemos olvidar nunca son la justificación y la optimización en el uso de la radiación.

Bibliografía / Referencias

1. Holmberg O, Malone J, Rehani M, McLean D, Czarwinski R. Current issues and actions in radiation protection of patients. *European Journal of Radiology* 2010;76:15-19.
2. U.S. National Academy of Sciences, National Research Council, Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. BEIR VII Phase*. Washington, DC: National Academies Press, 2006.
3. United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiation. *UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Effects of Ionizing Radiation. Volume I Report and Annexes A and B*. New York, NY: United Nations, 2008.
4. Little MP, Wakeford R, Tawn EJ, Bouffler SD, Berrington de Gonzalez A. Risks associated with low doses and low dose rates of ionizing radiation: why linearity may be (almost) the best we can do. *Radiology* 2009;251:6-12.
5. Leuraud K, Richardson DB, Cardis E et al. Ionizing radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study. *The Lancet Haematology* 2015; 2:e276-81.
6. Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, et al. Risk of cancer after low doses of ionizing radiation: retrospective cohort study in 15 countries. *BMJ* 2005; 331:77-82.
7. Rehani MM, Ortiz Lopezp. radiation effects in fluoroscopically guided cardiac interventions-keeping them under control. *Int J Cardiology* 2006;109(2):147-51.

8. International Commission of Radiological Protection (ICRP). Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. Publication 85. Ann ICRP 2000;30(2).
9. U.S. Food and Drug Administration (FDA) Website. FDA public health advisory: avoidance of serious X-ray induced skin injuries to patients during fluoroscopically guided procedures;1994, <http://fda.gov/cdrh/fluor.html>. Published September 30. Accessed May 8, 2009.
10. Holmberg O, Czarwinski R, Mettler F. The importance and unique aspects of radiation protection in medicine. European Journal of Radiology 2010;76:6-10.
11. Fergus V, Gould R, Yeh B, Arenson R. CT Radiation Dose: What can you do right now in your practice?. AJR 2011;196:619-625.
12. McNih, Gray. AAPM/RSNA Physics Tutorial for residents: Topics in CT. Radiation Dose in CT 1. Radiographics;22:1541-1553.
13. Lagarde E. New clinical Decision Instruments Can and Should Reduce Radiation Exposure. PLoS Medicine 2015;12(10).
14. Meghizifene A, Dance D, McLean D, Kramer HM. Dosimetry in diagnostic radiology. European Journal of Radiology 2010;76:11-14.
15. Juramento Hipocrático clásico.