



PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN CARDIOLOGÍA INTERVENCIONISTA

Radiation protection in interventional cardiology

Dr. C. Angel G. Obregon Santos¹, Dr. Ronald Aroche Aportela¹, Dr. Lázaro Aldama Perez¹, Dra. Elena Vila Garcia¹, Dr. Myder Hernandez Navas¹

¹ Departamento de Hemodinamia. Cardiocentro del Hospital CIMEQ. La Habana. Cuba.

RESUMEN

El desarrollo progresivo del intervencionismo cardíaco percutáneo ha hecho que el riesgo se incremente ya que existen procedimientos cada vez más complejos que antes no se realizaban y que conllevan mayor tiempo de radioscopia como son el implante percutáneo de válvula aórtica, dispositivos sobre la válvula mitral, implante de prótesis en aorta torácica o abdominal. Se revisaron los principales conceptos sobre protección radiológica, el contexto actual de la cardiología intervencionista en el mundo y en Latinoamérica en cantidades de procedimientos así como las dosis acumuladas que pueden producir efectos deterministas y los NDR aceptados a nivel mundial.

Palabras clave: protección radiológica, cardiología intervencionista.

Abstract

The progressive development of percutaneous cardiac intervention has meant that the risk increases as there are more and more complex procedures that were not performed and involving longer fluoroscopy as are the percutaneous aortic valve implantation devices on the mitral valve implant prosthesis in thoracic or abdominal aorta. The main concept of radiation protection were revised, the current context of interventional cardiology in the world and in Latin America in amounts of procedures as well as the cumulative doses can produce deterministic effects and NDR accepted worldwide.

Key words: radiation protection, interventional cardiology.

Correspondencia: Dr. Angel G. Obregon Santos. Departamento de Hemodinamia Cardiocentro del Hospital CIMEQ. Siboney, Playa, La Habana, Cuba
CP 9669. email: obre@infomed.sld.cu





INTRODUCCIÓN

El físico alemán Wilhelm Rontgen descubrió los Rayos X el 8 de noviembre de 1895 en Wurzburg, Alemania, Este hecho es uno de los avances más importantes de la medicina contemporánea, a partir de entonces el número de aplicaciones de las radiaciones ionizantes se ha ido multiplicando. Según cifras de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), el número anual de exposiciones diagnósticas es de 2.500 millones y el de exposiciones terapéuticas es de 5,5 millones, siendo el 78% de ellas aplicaciones médicas de los Rayos X, el 21% odontológicas y el 1% en técnicas vinculadas a medicina nuclear¹

Los datos publicados del Registro SOLACI, entre 1998 y 2005 se reportaron en Latinoamérica 1.770.977 procedimientos de los cuales 446.999 (25,2%) fueron terapéuticos. Esto arroja un promedio anual de más de 221.372 procedimientos por año en 19 países de Latinoamérica lo que significa una media de 341 cateterismos diagnósticos por millón de habitantes y por año² Según la misma fuente el promedio del año 2006 de intervención percutánea en Latinoamérica fue de 183 pacientes por millón de habitantes y se implantaron 85 060 stents coronarios² Aunque estas cifras están muy por debajo de las publicadas por los países desarrollados hablan por sí solas de la enorme importancia que tienen los Rayos X como herramienta diagnóstica y terapéutica pero por su potencial de producir efectos secundarios tanto en los pacientes como en el personal profesionalmente expuesto es necesario tomar conocimiento de ciertas medidas de protección que nos pueden ayudar a reducir los riesgos.

Los cardiólogos intervencionistas son los profesionales más expuestos a las radiaciones inclusive reciben más radiaciones que las que habitualmente

toman los radiólogos intervencionistas, los técnicos y enfermeros de hemodinámica o los médicos que trabajan en tomografía computarizada entre otros.

El desarrollo progresivo del intervencionismo cardíaco percutáneo ha hecho que el riesgo se incremente ya que existen procedimientos cada vez más complejos que antes no se realizaban y que conllevan mayor tiempo de radioscopia³ como son el implante percutáneo de válvula aórtica, dispositivos sobre la válvula mitral, implante de prótesis en aorta torácica o abdominal las prótesis de Amplatz, etc.

DESARROLLO

A continuación se muestran una serie de elementos teóricos de singular importancia que nos introducen en el tema en cuestión, esperamos con ello poder ilustrar al que incursione en el tema.

Radiolesiones e inducción de cáncer

Los Rayos X pueden impactar directamente sobre el núcleo celular induciendo mutaciones sobre el ADN a través de un mecanismo de ionización y excitación del mismo por efecto directo y además por efecto indirecto sobre el núcleo a través de la liberación de radicales libres⁴. A partir de aquí existen tres posibilidades:

- Que esa mutación se repare sin secuelas.
- Que la célula se muera (efecto determinista que puede dar lugar a radiolesión)
- O que la célula sobreviva mutada por una reparación defectuosa (efecto estocástico, potencialmente cancerígeno).

Por lo tanto, los Rayos X producen dos tipos de efectos deletéreos:

- Los deterministas o radiolesiones (tales como eritema, depilación, úlcera de piel, cataratas o esterilidad).
- Los estocásticos o probabilistas (principalmente cancerígenos).

Los efectos deterministas tienen un umbral de dosis de radiación, por debajo del cual no tienen lugar y



por encima del cual su severidad aumenta con la dosis de radiación⁵, por ejemplo las radiolesiones de piel o del cristalino. Para cada tipo de radiolesión existe un umbral de dosis diferente como se ve en la lista de efectos incluida más abajo (**Fig.1**). Las células más radiosensibles son aquellas que se encuentran en el sustrato basal de la epidermis.

Radiolesiones		Dosis Acumuladas (Gy)	
		Hombres	Mujeres
Piel	Eritema 1 a 24h luego de una irradiación	3 - 5	
	Alopecia Reversible	5	
	Irreversible	20	
	Pigmentación (reversible) Aparece 8 días post-irradiación	≈ 20	
	Descamación seca o húmeda	≈ 20	
Cristalino	Efectos tardíos Telangectasia, fibrosis dérmica	>2	
	Coagulación de las proteínas Efectos: Opacidades detectables Cataratas	2 - 10 exposiciones anuales > 0,10 Sv/año exposiciones anuales > 0,15 Sv/año	
Gónadas	Esterilidad Permanente	3,50 - 6,00	2,50 - 6,00
	Esterilidad poral	0,15	0,60

Los efectos estocásticos o probabilistas son aquellos cuya probabilidad aumenta con la dosis pero no su severidad, por ejemplo la inducción de cáncer, efectos genéticos o algunos de los efectos sobre el embrión/feto descendientes de padre o madre que han trabajado o recibido Rayos X. A efectos prácticos de protección radiológica, se asume que no existe un umbral para los efectos estocásticos. Las células son más radiosensibles cuanto mayor es la tasa mitótica o cuánto más indiferenciadas son.

Objetivos y principios de la protección radiológica

La estrategia para la protección radiológica viene determinada por el hecho de que las radiolesiones directas tienen umbral y los efectos cancerígenos no lo tienen. Es decir, las radiolesiones se pueden evitar sin más que controlar la dosis de radiación que se recibe de manera que no sobrepase ninguno de los umbrales. En cambio los efectos cancerígenos, al no tener umbral, no se pueden eliminar completamente, pero la probabilidad se puede reducir tanto, que el riesgo sea pequeño y en cualquier caso aceptable en comparación con los riesgos de cualquier otra actividad.

En resumen, el objetivo de la protección es evitar los efectos deterministas (radiolesiones, cataratas, etc.) y reducir en lo posible la probabilidad de efectos estocásticos (cancerígenos). Este objetivo se concreta en tres principios:

- Justificación de que las exposiciones producen un beneficio neto frente a los riesgos que conllevan.
- Limitación de dosis, de manera que las exposiciones a los profesionales y al público no sobrepasan valores establecidos, por encima de los cuales se encuentran los umbrales de dosis para radiolesiones locales o el riesgo de inducción de cáncer llegaría a ser inaceptable.
- Optimización de la protección de manera que las dosis se mantengan tan bajas como sea razonablemente posible haciendo que el beneficio neto sea el mayor posible.

Magnitudes y unidades

Dosis absorbida

Los daños biológicos se deben a los cambios que las ionizaciones de la radiación producen en los tejidos. Estos cambios son proporcionales a la energía absorbida por unidad de masa, y por lo tanto la magnitud básica en dosimetría es el cociente entre la energía absorbida y la masa y se denomina dosis absorbida. Su unidad es el julio por cada



kilogramo de materia o J kg^{-1} . Esta unidad recibe el nombre especial de Gray (Gy). La unidad en el SI es el Gray [Gy]. $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$. La unidad antigua era el "rad". $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

Dosis equivalente

Además de la energía por unidad de masa también influye en el daño biológico el que los impactos (ionizaciones) de la radiación estén más próximos o más separados. Cuanto más próximos estén más improbable es su reparación y por tanto mayor el daño biológico. Para tener en cuenta este efecto se utiliza un factor de corrección o ponderación que se aplica a las dosis absorbidas en órganos y tejidos, según el tipo de radiación que los haya producido. La magnitud se llama dosis equivalente. La unidad de dosis equivalente también es J kg^{-1} , y recibe en este caso el nombre especial de Sievert (Sv). Para los rayos X, este factor de ponderación es igual a la unidad y por lo tanto el valor de dosis equivalente (en Sv) es numéricamente igual al de la dosis absorbida (en Gy).

Dosis efectiva

El daño biológico es distinto para distintos tejidos, aunque reciban la misma dosis absorbida e incluso la misma dosis equivalente. Esto se debe a que la radiosensibilidad de los mismos es diferente, siendo en general mayor en aquéllos con una actividad mitótica mayor. Para rendir cuenta de la mayor o menor radiosensibilidad es necesario incorporar otros factores adicionales de ponderación asociados a los tejidos u órganos. La finalidad de estos factores es la de ponderar el valor de dosis, corrigiéndole según la sensibilidad de los distintos órganos y tejidos, de manera que al sumar estos valores se obtenga una magnitud que refleje el daño global. Esta magnitud se llama dosis efectiva y su unidad es también J kg^{-1} , y también recibe el nombre especial de Sievert (Sv).

Dosis equivalente personal

Ésta se define como la dosis equivalente en tejido

blando a 10 mm de profundidad ($H_p(10)$). Su unidad es el Sievert (Sv). Por lo tanto, es este valor el que se compara con los límites de dosis efectiva para saber si éstos se sobrepasan¹.

Producto de dosis por área¹ (kerma por área) y su utilidad

En las exposiciones a los pacientes en cardiología el haz de radiación está cambiando a menudo de orientación, de tamaño, de intensidad (modo de operación) de filtración, etc. y se necesita una magnitud en la que queden integradas todas esas variaciones y que además sea fácil de medir, con el fin de aplicarla a todos los pacientes. Con esta finalidad se definió el producto de la dosis por el área abarcada por el haz P_{DA} o P_{KA} que es invariante con la distancia, ya que la dosis disminuye con inverso del cuadrado de la distancia pero el área aumenta en la misma proporción. La unidad para esta magnitud es el **Gy m²**, aunque se utilizan submúltiplos de la misma, tales como el **Gy cm²** o el **μGy m²**. Los equipos actuales incluyen o deberán incluir medidores del producto dosis por área (kerma por área, véase nota a pie de página).

$$1 \mu\text{Gy.m}^2 = 0,01 \text{ Gy.cm}^2$$

PROTECCION RADIOLOGICA PARA LOS PACIENTES

Control de los pacientes

Debe señalarse que para los pacientes no se aplican los límites de dosis. De los tres principios básicos de la protección radiológica (justificación, optimización y limitación) el último no es aplicable a los pacientes ya que se supone que el beneficio derivado de las dosis de radiación que puedan recibir, siempre se verá compensado por el beneficio médico de la irradiación.

¹ Rigurosamente hablando, cuando se mide en aire, el resultado no es realmente la dosis absorbida sino la magnitud denominada kerma, que rinde cuenta de la energía cinética inicial que llevan los electrones resultantes en el proceso de ionización. Pero el profundizar en este detalle va más allá del propósito de éste artículo. Además, en el caso de que la radiación sea de rayos X, cuando el kerma en aire se convierte en dosis a los tejidos, los valores de dosis absorbida en dichos tejidos y de kerma en los mismos son numéricamente iguales.



La comisión internacional de protección radiológica (CIPR) recomienda que se apliquen "niveles de referencia" (NDR) que son valores indicativos de lo que se logra con buena práctica. Los valores medios a un grupo de pacientes no deberían superar los NDR en condiciones normales de trabajo. Diferentes estudios realizados en la Unión Europea han concluido la conveniencia de recomendar los siguientes niveles de referencia aproximados.^{6,7}

(Tabla 1)

TABLA No.1. Niveles de referencia.
Recomendaciones según la práctica utilizada.

Fuente	Procedimiento	NDR (Gy.cm ²)
Europa (2003)	Angiografía coronaria	57
Europa (2003)	ACTP	94
Estudio OIEA (2008)	Angiografía coronaria	50
Estudio OIEA (2008)	Terapéutico	125

CONCLUSIONES

En este artículo pretendemos revisar los principales conceptos sobre protección radiológica, el contexto actual de la cardiología intervencionista en el mundo y en Latinoamérica en cantidades de procedimientos así como las dosis acumuladas que pueden producir efectos deterministas y los NDR aceptados a nivel mundial. En próximo artículo señalaremos aspectos prácticos que deben cumplirse para minimizar las radiaciones ionizantes a pacientes y personal de la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Disponible en <http://rpop.iara.pop> 2008.
2. Disponible en <http://www.solaci.org> 2008
3. Kim KP, Miller DL, Balter S et al Occupational radiation doses to operators performing cardiac catheterization procedures. Health Phys 2008; 94: 211–27.
4. Miller DL, Vano E, Barta G, Balter S, Dixon R, Padovani R, et al). Occupational radiation protection in interventional radiology: a Joint Guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. Cardiovasc Intervent Radiol 2010; 33(2): 230-9

5. Balter S, Miller DL, Vano E, Ortiz Lopez P, Bernardi G, Cotel E, A pilot study exploring the possibility of establishing guidance levels in x-ray directed interventional procedures. Med Phys. 2008 ;35(2):673-80.
6. Neofotistou V, Vano E, Padovani R, Kotre J, Dowling A, Toivonen M, et al. K. Preliminary reference levels in interventional cardiology. Eur Radiol 2003;13(10):2259-63.
7. Balter S, Miller DL, Vano E, Ortiz Lopez P, Faulkner K, Nowotny R, et al. A pilot study exploring the possibility of establishing guidance levels in x-ray directed interventional procedures. Med Phys. 2008 Feb;35(2):673-80.

Recibido: **13-02-2015**

Aceptado: **20-02-2015**

Nota Editorial: *Se prepara una segunda parte del presente material para publicación futura.*

