

Protección Radiológica en Cardiología Intervencionista

Radiation protection in interventional cardiology

Ariel Durán¹

Palabras claves: Radio protección, radiación, efectos nocivos, cáncer

INTRODUCCIÓN

Desde que fueron descubiertos los Rayos X hace pocos más de 100 años, su uso en Medicina es cada vez más amplio. En el mundo se llevan a cabo, aproximadamente, 2.000 millones de exámenes diagnósticos y/o terapéuticos con rayos X al año y 32 millones de procedimientos de medicina nuclear.¹

En el informe del año 2000 del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), se indicó que las aplicaciones médicas de la radiación ionizante representan con mucho la mayor fuente artificial causante de radioexposición. Con todo, según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR), hay muchas posibilidades de reducir las dosis en la radiología de diagnóstico y se dispone de medidas sencillas y económicas para poder hacerlo sin correr el riesgo de perder información de diagnóstico. Al mismo tiempo, si bien los nuevos equipos y técnicas de diagnóstico están produciendo nuevos beneficios, algunos de los procedimientos entrañan la administración de dosis de radiación relativamente altas a los pacientes. Asimismo, se han notificado varias radiolesiones en cardiología intervencionista que si bien son poco frecuentes han centrado la atención en la necesidad de mejorar la protección radiológica de los pacientes sometidos a procedimientos de cardiología intervencionista.

Según datos 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 año.²

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 85060 *stents* coronarios.²

Estas cifras hablan por sí solas de la importancia que tienen la utilización de los rayos X como herramienta diagnóstica y terapéutica y del potencial de producir efectos secundarios tanto en los pacientes como en el

personal ocupacionalmente expuesto, por lo que es nuestra obligación tomar conocimiento de ciertas medidas de protección que nos puedan ayudar a reducir los riesgos. Este enunciado cobra más importancia aún si tenemos en cuenta que las dosis de radiación que recibimos los Cardiólogos Intervencionistas son mayores que las que habitualmente reciben los Radiólogos Intervencionistas o los médicos que trabajan en Tomografía Computarizada entre otros.¹

Además, el desarrollo progresivo de nuestra especialidad 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: casos multiarteriales, braquiterapia, implante percutáneo de válvula aórtica, dispositivos sobre la válvula mitral, implante de prótesis en aorta torácica o abdominal etc.

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 e indirecto sobre el núcleo a través de la liberación de radicales libres. 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:

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

Los **efectos deterministas** tienen un umbral de dosis de radiación, por debajo del cual no tienen lugar, por encima del cual su severidad aumenta con la dosis de radiación, 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 (Tabla 1). Las células más radiosensibles son aquellas que se encuentran en el sustrato basal de la epidermis. Trabajos de campo realizados en Congresos y Jornadas Latinoamericanas han

¹ Sector de Hemodinamia. Hospital de Clínicas de la Facultad de Medicina de Montevideo-UDELAR. Miembro FACC.

TABLA 1. Efectos deterministas. Dosis umbrales según órgano y/o tejido afectado

| Radiolesiones | Dosis Acumuladas (Gy) | |
|--|------------------------------------|-----------|
| | Hombres | Mujeres |
| Eritema 1 a 24h luego de una irradiación | 3-5 | |
| Alopecia | | |
| Reversible | 5 | |
| Irreversible | 20 | |
| Piel Pigmentación (reversible) Aparece 8 días post-irradiación | | |
| Descamación seca o húmeda | ≈20 | |
| Efectos tardíos Telangectasia, fibrosis dérmica | | |
| Cristalino Cuagulación de las proteínas | >2 | |
| Efectos: | 2-10 | |
| Opacidades detectables | exposiciones anuales > 0.10 Sv/año | |
| Cataratas | exposiciones anuales > 0.15 Sv/año | |
| Gónadas Esterilidad Permanente | 3.50-6.00 | 2.50-6.00 |
| Esterilidad Temporal | 0.15 | 0.60 |

evidenciado que tanto los cardiólogos intervencionistas como el personal de sala ocupacionalmente expuesto poseen opacidades subcapsulares posteriores (lesiones radioinducidas características del cristalino).³

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:

1. **Justificación** de que las exposiciones producen un beneficio neto frente a los riesgos que conllevan

2. **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.

3. **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. Optimizar en cardiología no es otra cosa que dar la dosis que se necesita para la intervención, pero no más.

Estos tres principios se aplican tanto a los trabajadores y al público. A los pacientes se les aplican también los principios de justificación y optimización, pero no se les aplican límites de dosis, ya que una vez justificada la exposición y optimizada la protección, el riesgo derivado de las dosis de radiación que pueda recibir el paciente, siempre se verá compensado con creces por el beneficio médico. En otras palabras que la imposición de límites de dosis a los pacientes iría en detrimento de los mismos.

CUANTIFICACIÓN Y CONTROL DE LAS EXPOSICIONES

Importancia de controlar las exposiciones

La formación básica en protección radiológica de cualquier especialista en cardiología intervencionista debería incluir el conocimiento de los factores que influyen en las dosis a los pacientes y a los profesionales que realizan los procedimientos. Los profesionales deben ser capaces de reconocer si los valores de dosis son elevados o “normales”. Si disponen de estos conocimientos tendrán la posibilidad de reducir las dosis de radiación cuando sean elevadas.

Durante la intervención se debe dar prioridad al objetivo clínico del procedimiento pero en la planificación previa de los procedimientos, y en el análisis de resultados deben tenerse en cuenta las dosis de radiación que reciben los pacientes y los profesionales. Para los profesionales, existen límites anuales de dosis recomendados internacionalmente y adaptados a las normas nacionales en todos los países. La única forma de constatar que se cumplen estos principios de protección radiológica es midiendo, documentando y evaluando las dosis de radiación que se están recibiendo. Sólo así se puede estar seguro de que no se sobrepasan los límites de dosis y de que la protección está bien optimizada. La cuantificación de las dosis es, por lo tanto, un instrumento esencial de la protección radiológica.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LOS PACIENTES

Control de las exposiciones

Para los pacientes no se aplican los límites de dosis. De los tres principios básicos de la protección radiológica (justificación, optimización y limitación), el tercero

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.

Los médicos adquieren una gran responsabilidad dado que tienen que decidir si el beneficio para el paciente compensa el riesgo radiológico y para ello deben conocer las dosis de radiación que imparten a los pacientes.

Aunque, como ya se ha indicado anteriormente, no existan límites de dosis para los pacientes, la ICRP 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 debería superar los NDR en condiciones normales de trabajo. Es muy importante recordar que los NDR no se aplican a pacientes individuales ya que las características de cada paciente y del tratamiento o diagnóstico concretos pueden significar variaciones individuales importantes, y puede ser necesario superar los NDR en un paciente particular.³

En los procedimientos guiados por fluoroscopia se ha cuestionado durante algunos años la procedencia de aplicar los NDR por los diferentes grados de complejidad que pueden tener los procedimientos. Sin embargo, en cardiología, se ha demostrado su viabilidad, y diferentes estudios realizados en la Unión Europea por Neofotistou en 2003 y por Balter en 2008 han concluido la conveniencia de recomendar los siguientes niveles de referencia aproximados.^{4,5} (Tabla 2)

Es de destacar que los equipos modernos indican niveles de dosis recibidas por el paciente durante el procedimiento que deberían ser volcados en el informe del mismo. Aunque hay muchos factores que influyen en la relación entre las dosis a los pacientes y las dosis a los profesionales, en muchos de éstos, si se reducen las dosis a los pacientes, se reducirán proporcionalmente las dosis a los profesionales (si se mantienen el resto de factores constantes. En la tabla 3 adaptada de Vañó y col. (2006) ofrece un ejemplo de factores típicos de aumento de las dosis a los pacientes y a los profesionales al modificar el modo de operación o al realizar los procedimientos a pacientes de mayor espesor.⁶

Optimización de la protección de los pacientes

Para obtener la imagen radiológica, algunos fotones de rayos X interactúan con los tejidos y son absorbidos

o dispersados mientras que otros atraviesan completamente al paciente. La imagen se produce gracias a que el haz de rayos X interactúa de manera diferente según cada tipo de tejido. El haz entrante al paciente es de una intensidad del orden de 100 veces mayor que el haz saliente por lo que la imagen se crea con el 1% remanente del haz de Rayos X. Por lo tanto, los tejidos a la entrada del haz (generalmente el dorso del paciente) reciben una dosis más alta, con un mayor riesgo de daño.

Las proyecciones con ángulos muy oblicuos hacen aumentar la dosis a la piel, elevando el riesgo para la misma (el haz de rayos X debe atravesar mayor espesor de tejido). La fluoroscopia pulsada irradia menos que la continua y la filmación irradia del orden de 10 veces más, en promedio, que la radioscopia.

La utilización de rejillas antidifusoras en los equipos mejora el contraste y por tanto la calidad de las imágenes aunque aumentan la dosis de radiación a los pacientes. Además, debemos recordar que los equipos modernos tipo “panel digital plano” tienen la capacidad de irradiar menos a los pacientes que los equipos con “intensificador de imagen” pero sólo si se usan en forma adecuada, es decir cumpliendo con el resto de las recomendaciones.

De estos enunciados podemos sacar las siguientes recomendaciones para **proteger al paciente**:

1. Trabajar con la mesa en la posición lo más alta posible para aumentar la distancia entre el paciente y la fuente de Rayos X (en los casos en los que no sea imprescindible situar el corazón en el isocentro) como se observa en la Tabla 1. Se define como isocentro al punto sobre el que giran los arcos en C. En cualquier angulación del arco, el haz de rayos X “pasa por el isocentro”.

TABLA 2. 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 |

TABLA 3. Factores modificables que influyen en la exposición a la radiación ionizante en pacientes y profesionales.

| Causas | Aumento en la dosis a la entrada del paciente | Aumento en la dosis a los profesionales |
|--|---|---|
| Cambio del modo de baja tasa de dosis en fluoroscopia a modo de alta tasa (para un paciente de 20 cm de espesor) | × 3.0 | × 2.6 |
| Cambio del campo de visión del intensificador de imagen de 23 al de 17 cm (para un paciente de 20 cm de espesor) | × 1.4 | × 1.0 |
| Cambio de espesor atravesado por la radiación (de un paciente de 16 cm a otro de 28 cm de espesor) | × 6.0 | × 4.2 |
| Cambio del régimen de fluoroscopia de baja tasa de dosis a cine (para un paciente de 20 cm de espesor) | × 10.0 | × 8.3 |

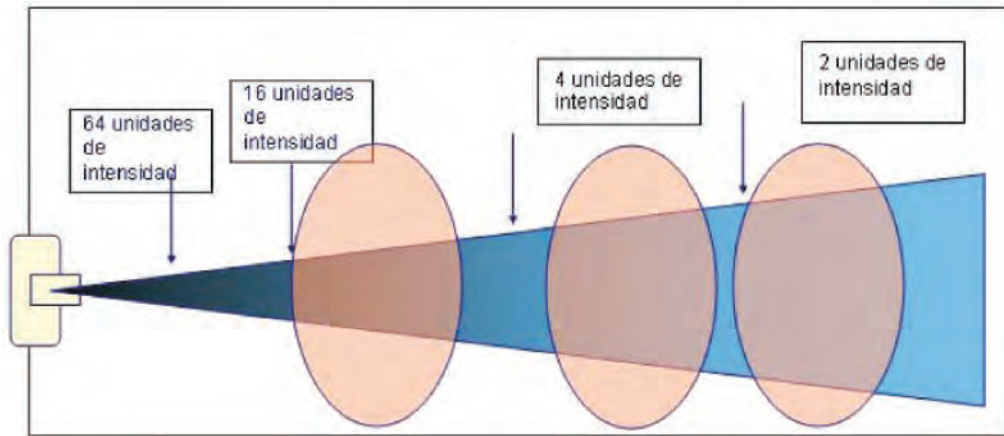


Figura 4. Distancia paciente - generador de rayos x y su relación con la intensidad de la radiación.

Si se modifica la altura de la mesa y el corazón no se sitúa en el isocentro, al cambiar la angulación del haz de rayos X, se debe mover la mesa (“panning”) para seguir viendo las arterias que se estaban visualizando con la angulación previa. Se estará entonces obligado en ese caso a hacer un poco de “panning” con lo que se pierde tiempo y se debe usar más fluoroscopia.

- Evitar al máximo las proyecciones oblicuas o axiales extremas porque aumentan considerablemente la dosis en piel.
No trabajar en una sola proyección. Cuanto más rotemos el arco, la zona de piel sobre la que incide el haz de Rayos X es más amplia y se acumula menos la radiación en una zona de la piel. Esta consideración es tanto más importante cuanto más se prolongue la intervención y más radiación haya que utilizar. Esta medida es más efectiva si al mismo tiempo se colima el haz tanto como lo permita la zona a visualizar, como se explica en el punto siguiente.
- Usar siempre la colimación ya que cuanto menor es la zona de incidencia menor es el volumen de tejido irradiado y la probabilidad de efecto estocástico es menor. La colimación evitará además el solape de irradiaciones en la piel en proyecciones con angulaciones próximas. Se recomiendan los equipos con “colimación virtual” que son los que permiten su aplicación así como la de los filtros, sin necesidad de activar la fluoroscopia.
- El mismo concepto es válido para los filtros en cuña, generalmente hechos en cobre o tantalio, que pueden disminuir la dosis en la piel hasta 70% y mejorar sustancialmente la calidad de las imágenes.
- En niños y en mujeres embarazadas que son sometidos a procedimientos invasivos, se deben extremar los criterios de protección.

PROTECCIÓN OCUPACIONAL

Control de las exposiciones y límites de dosis

Es preciso cuantificar las dosis con el fin de cerciorarse de que la protección está bien optimizada y que en

cualquier caso no se sobrepasan los límites, los que para exposición ocupacional, establecidos por la ICRP (ICRP, 2007) y las **Normas Básicas Internacionales de Seguridad son los siguientes:**⁷

- Dosis efectiva de 100 mSv en cinco años, lo que implica una dosis efectiva de 20 mSv por año, y se especifica que no se deben exceder los 50 mSv en cualquier año.

- Dosis equivalente de 150 mSv por año en cristalino (actualmente se recomienda hasta 20 mSv/año).

- Dosis equivalente de 500 mSv por año en la piel. Adicionalmente se establecen límites para las mujeres embarazadas y para los trabajadores entre 16 y 18 años. La Organización Mundial de la Salud, en una de sus publicaciones (específica para radiología intervencionista) (OMS, 2000) ha propuesto los siguientes “niveles de acción” que supondrían iniciar una investigación para averiguar las causas de los valores anómalos de dosis ocupacionales:⁸

| | |
|--------------------------------|-------------|
| Cuerpo entero (dosis efectiva) | 0.5 mSv/mes |
| Cristalino | 5 mSv/mes |
| Manos y extremidades | 15 mSv/mes |

Las dosis ocupacionales se miden habitualmente con dosímetros ocupacionales (de termoluminiscencia, de película fotográfica, de estimulación óptica, etc), aunque en algunas ocasiones pueden ser de gran utilidad los dosímetros electrónicos de lectura directa, que pueden informar en “tiempo real” sobre la dosis de radiación (dosis acumulada o tasa de dosis) que reciben los profesionales durante los procedimientos.

La ICRP (ICRP, 2000) recomienda el uso de dos dosímetros personales, uno sobre el delantal plomado y el segundo debajo del delantal plomado. De esta forma se puede estimar mejor la dosis efectiva que recibe el profesional y la dosis que pudieran recibir en el cristalino (con el dosímetro externo).⁷

Optimización de la protección ocupacional

Las tres reglas de oro de la protección de los profesionales y del público son válidas en la cardiología intervencionista. Estas son: reducir el tiempo o la “cantidad de radiación”, aumentar la distancia y poner blindaje.

1. Reducir el tiempo y/o la cantidad de radiación se logra utilizando moderadamente la fluoroscopia, las tasas de dosis altas, utilizando fluoroscopia pulsada, moderando el número de filmaciones y el número de imágenes por toma, los filtros, la colimación, etc
2. Aumentar la distancia y “dar un paso atrás” cuando la intervención no requiera mantenerse totalmente arrimados al paciente, por ejemplo durante la filmación.
3. En cuanto al blindaje, está suficientemente comprobada la utilidad de la protección no sólo de los delantales plomados (la dosis es sólo del 5% de la que recibiríamos si no los usáramos) sino también de los lentes y otros aditamentos como los protectores de tiroides, las “hombreras” o las “pantorrilleras”, pero además las mamparas o vidrios plomados que deben colocarse entre el paciente y el operador así como las barreras o “polleras plomadas” entre la fuente y el operador deben considerarse como elementos imprescindibles para la práctica diaria. Los guantes plomados (que permitan mantener el tacto suficiente) sólo consiguen atenuar la radiación entre un 40-50%, siendo además de elevado costo y suponen la disminución de la habilidad y sensibilidad de las manos. Su desecho debe ser controlado para evitar la contaminación del medio ambiente.

Es preciso tener siempre en cuenta que la fuente de mayor radiación dispersa es el propio paciente y no el haz directo de rayos X. A mayor espesor de paciente y tamaño del haz la radiación dispersada o “reflejada” por el mismo se incrementa, y ésta es la que afecta a los profesionales expuestos (cuando se duplica el espesor del tórax del paciente se puede multiplicar la radiación dispersa por 5).

La intensidad de la radiación procedente de una fuente puntual decrece con el inverso del cuadrado de la distancia a medida de la fuente (ley del inverso del cuadrado de la distancia o también llamada de “un paso atrás”). Aunque la zona irradiada del paciente no es un “punto” sino un volumen relativamente grande, si el operador se aparta un poco del paciente se produce una reducción drástica de dosis, tal como se ejemplifica en el siguiente mapa de isodosis dentro de una sala de cateterismos: Véase que en la Fig. 5 que en un alejamiento de la primera a la segunda isodosis, o a la tercera, la dosis se reduce drásticamente (de 8 a 4 o a 2 unidades relativas).

Hay que tener en cuenta además el acceso vascular que se realiza al paciente ya que hay evidencia que con el acceso radial el primer operador puede recibir hasta el doble de dosis al cristalino cuando se compara con el acceso femoral.⁹

Por lo expuesto, existen 10 recomendaciones principales para proteger a los cardiólogos y demás profesionales ocupacionalmente expuestos:

1. Trabajar en colaboración con otros profesionales, tales como el Físico Médico, expertos en protección radiológica en aplicaciones médicas en medicina y cumpliendo las condiciones establecidas por la

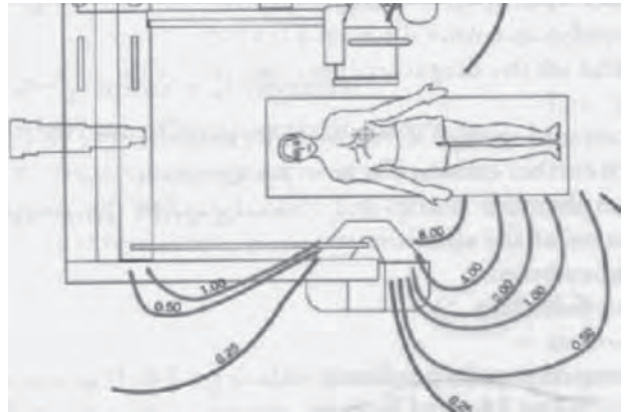


Figura 5. Ley del inverso del cuadrado de la distancia (“un paso atrás”)

- autoridad reguladora de radiaciones ionizantes de su país.
2. Usar dosímetros personales, preferentemente en número de dos: uno sobre el delantal plomado y otro por debajo. Observar sus dosis mensuales y en caso de duda consultar con el responsable de la protección en su hospital. La dosimetría electrónica adicional puede ayudar a optimizar los procedimientos.
3. Usar siempre delantales plomados, de preferencia de 2 piezas y cruzados al frente (para que en la parte frontal la protección sea equivalente a 0,5 mm de Pb), lo que permite que el peso del mismo se distribuya 70% en la cadera y sólo el 30% en los hombros. Si su personal usa delantal frontal de una sola pieza cerciórese de que nunca le den la espalda al tubo (práctica muy frecuente). No olvidar usar lentes plomados (equivalentes a 0,5 mm de Pb), protector de tiroides y, de ser posible, “hombreira” izquierda y “pantorrilleras”.
4. Fomentar el uso de equipos que incorporen elementos de disminución de dosis a los pacientes (fluoroscopia pulsada, filtros de cobre o similar en el haz, colimación virtual, etc). La tecnología digital de panel plano posee importantes beneficios sobre disminución de dosis si se siguen correctamente las indicaciones.
5. Trabajar con la mesa lo más alta posible (si no resulta imprescindible trabajar con el corazón en el isocentro) y usar el intensificador de imágenes o panel digital plano lo más cercano posible al tórax del paciente.
6. Nunca colocar sus manos en el campo de irradiación.
7. Siempre colimar y colocar los filtros en cuña, trabajar con fluoroscopia pulsada y filmar el mínimo posible. Use imágenes congeladas como referencia.
8. No olvide trabajar con vidrio protector entre usted y el paciente y colocar la pollera plomada entre usted y el tubo.
9. Evitar las proyecciones oblicuas o axiales extremas lo más posible.
10. Dar “un paso atrás” en el momento de la “filmación”.

CONCLUSIONES

Los beneficios de la cardiología intervencionista son muy grandes y van en aumento, tanto en número de pacientes como en tipo y complejidad de las intervenciones que, a su vez, abren nuevos horizontes y traen nuevos beneficios. Esto hace que la práctica haya llegado a situarse entre las que más exposición a la radiación ionizante produce, tanto a los pacientes como a los profesionales.

A nivel individual, estas exposiciones en circunstancias desfavorables y en ausencia de protección han alcanzado los umbrales de las radiolesiones tanto en el caso de los pacientes (principalmente en piel) como de los cardiólogos (en cristalino y en zonas no protegidas, tales como depilación de las manos o piernas).

Los objetivos de la protección radiológica son el evitar las radiolesiones y reducir los riesgos de inducción de cáncer a niveles aceptablemente bajos. Para alcanzar estos objetivos, se cuenta con tres principios: justificación, optimización, y límites de dosis. Estos tres principios se aplican a los profesionales y al público, pero los límites de dosis no son aplicables a los pacientes, para quienes basta con que la intervención esté justificada y la protección se haya optimizado.

Estos principios aplicados a la cardiología intervencionista, conducen a unas cuantas recomendaciones que si se aplican cuidadosamente evitan las radiolesiones severas en el caso de los pacientes, y todas las radiolesiones en el caso de los profesionales. Así mismo redu-

cen la probabilidad de efectos cancerígenos a niveles muy bajos. Esto último es especialmente importante en el caso de niños y jóvenes y en el caso de profesionales. Hay una serie de medidas de protección que reducen las dosis de pacientes y de profesionales, tales son el uso prudente de las tasas de dosis altas y de las proyecciones muy oblicuas, y el uso de fluoroscopia pulsada, de la colimación y de los filtros en cuña. Hay otras medidas tales como el uso de mamparas blindadas o el “dar un paso atrás” durante la “filmación” que reducen las exposiciones a los profesionales pero no la de los pacientes. Otras medidas son las de cambiar la proyección del haz, que protegen la piel del paciente frente a las radiolesiones pero protegen al profesional. Pero a grandes rasgos, gran parte de las medidas para proteger a los pacientes redundan en protección a los profesionales.

El conocimiento de cómo protegerse y proteger a los pacientes es crucial. Por ello, la formación continuada y el intercambio de información son la herramienta fundamental para los cardiólogos. Existe un Plan de Acción Internacional y una página Web que facilita material didáctico e intercambio de información.

La colaboración de SOLACI y su interacción con los programas del OIEA puede ser muy beneficiosos para profesionales y pacientes.

Conflictos de intereses: No existen.

BIBLIOGRAFÍA

1. Página web del OIEA <http://pop.iaea.org>
2. Página web de SOLACI 2008 (www.solaci.org)
3. Eliseo Vaño, Norman J Kleiman, Ariel Durán, Madan M Rehani, Dario Echeverri, Mariana Cabrera. Radiation Cataract Risk in Interventional Cardiology Personnel. *Radiation Research* 2010;174, 490-495.
4. Neofotistou V, Vano E, Padovani R, Kotre J, Dowling A, Toivonen M, Kottou S, Tzapaki V, Willis S, Bernardi G, Faulkner K. Preliminary reference levels in interventional cardiology. *Eur Radiol* 2003;13(10):2259-63.
5. Balter S, Miller DL, Vano E, Ortiz Lopez P, Bernardi G, Cotel E, Faulkner K, Nowotny R, Padovani R, Ramirez A. A pilot study exploring the possibility of establishing guidance levels in x-ray directed interventional procedures. *Med Phys*. 2008 Feb;35(2):673-80.
6. Vaño E, González L, Fernández JM, Prieto C, Guibelalde E. Influence of patient thickness and operation modes on occupational and patient radiation doses in interventional cardiology. *Radiat Prot Dosimetry*. 2006;118(3):325-30.
7. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP*. 2007;37(2-4):1-332.
8. Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology. WHO 2000, Geneva.
9. Larrazet F, Dible A, Philippe F, et al. Factors influencing fluoroscopy time and dose-area product values during ad hoc one vessel percutaneous coronary angioplasty. *The British Journal of Radiology* 2003;76:473-77.