

ARTÍCULO ESPECIAL

Radioprotección en cateterismo cardiaco pediátrico

Walter Mosquera^{a,b}



^a Hospital Universitario Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia

^b Universidad Icesi, Cali, Colombia

Recibido el 8 de mayo de 2019; aceptado el 17 de noviembre de 2019

PALABRAS CLAVE

Cateterismo cardíaco;
Protección
radiológica;
Exposición
ocupacional;
Cardiólogos

KEYWORDS

Cardiac
catheterisation;
Radiation protection;
Occupational
exposure;
Cardiologists

Resumen La cardiología intervencionista realiza cada año una mayor cantidad de procedimientos de complejidad progresiva con una muy buena tasa de éxito, pero con mayor dosis de radiación, no solo para el paciente, sino también para los trabajadores ocupacionalmente expuestos. Existen métodos simples para minimizar la dosis recibida; estos incluyen: minimizar el tiempo de radioscopia y la cantidad de imágenes adquiridas, utilizar las tecnologías disponibles de reducción de dosis para pacientes, tener una adecuada geometría del equipo, colimar, evitar las zonas de radiación reflejada, utilizar todo el blindaje disponible, realizar controles de calidad del equipo de imagen y usar los dosímetros personales y conocer la dosis recibida.

La utilización eficaz de métodos requiere no solo educación y entrenamiento para todo el personal ocupacionalmente expuesto sino la disponibilidad y el uso de los elementos radioprotectores de la sala y del equipo. La revisión regular del equipo y la investigación de las dosis recibidas por el personal, acompañado por los cambios necesarios en la manera en que los procedimientos se realizan, asegura una mejor práctica de protección radiológica en la sala de intervencionismo cardiovascular.

© 2019 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Radiological protection in paediatric cardiac catheterisation

Abstract Cardiology interventionists perform a large amount of increasingly complex procedures with a good success rate, but with a higher dose of radiation, not only for the patient, but also for the occupational exposed workers. There are simple methods to minimise the dose received. These include minimising the time of the radiographic equipment and the number of images acquired, as well as using the technologies available for reducing the dose for patients. The geometry of the equipment should be adjusted, to collimate, avoid reflected radiation zones, as well as using all the shielding available. Quality controls should also be made on the imaging equipment, as well as using personal dose meters to know the dose received.

Correo electrónico: cardio95@hotmail.com

<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.11.002>

0120-5633/© 2019 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

The efficient use of methods not only requires education and training for all personnel occupationally exposed, but also the availability and use of radiation protection elements in the laboratory and for the equipment. There must be a regular review of the equipment and investigation of doses received by the staff, accompanied by the necessary changes in the way the procedures are performed, in order to ensure improved radiation protection practices in the cardiovascular intervention laboratory.

© 2019 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El desarrollo de la Cardiología intervencionista ha hecho que el número de procedimientos de intervención coronaria percutánea y otros métodos de intervención no coronaria aumenten año tras año. A modo de ejemplo, en Estados Unidos se pasó de 2.45 millones de cateterismos cardiacos en 1993 a 4.6 millones en 2006. En Europa se estima que hoy la cantidad de procedimientos ronda la cifra de 5,000 por millón de habitantes año (2.300 corresponden a carácter terapéutico)^{1,2}.

La radiación posee riesgo carcinogénico comprobado; se estima en un 5% la posibilidad de sufrir cáncer después de una exposición médica importante. Adicionalmente, se considera que en Estados Unidos se presentarán 29.000 nuevos casos de cáncer vinculados a las tomografías computarizadas³. Según cifras de la Comisión Científica de las Naciones Unidas sobre los efectos de la radiación atómica (UNS-CEAR) las tomografías computarizadas constituyen el 5% de todos los exámenes radiológicos, pero aportan el 35% de la dosis colectiva recibida, en tanto que los procedimientos de intervención coronaria percutánea constituyen el 1% de todos los procedimientos radiológicos, pero conllevan el 10% de la dosis recibida⁴.

Se observa con preocupación el aumento progresivo de la dosis colectiva recibida con fines médicos; para 1987 en Estados Unidos se estimaba que la dosis vinculada a procedimientos radiológicos era la quinta parte de la recibida como radiación natural, mientras que en el año 2006 fue igual y esa cifra aumentó un 10% por año⁵. En dicho país la contribución sobre la dosis recibida a partir de procedimientos cardiológicos y radiológicos en el mundo es de 0,43 mili sieverts (mSv) anuales, lo que equivale a veintidós radiografías de tórax por persona y por año⁶.

El tema es que los rayos x son esenciales para todos los procedimientos intervencionistas y estos se han ido perfeccionando de manera muy importante en las últimas décadas; no obstante, curiosamente ese perfeccionamiento no ha sido desarrollado en el campo de la radioprotección. Es decir, cada vez se hacen procedimientos más complejos, como implantes percutáneos de válvulas cardiacas, técnicas en cardiología estructural, denervación renal, nuevos métodos en intervencionismo pediátrico, electrofisiológico. Estos métodos son cada vez más efectivos, más predecibles y más accesibles, y como resultado se hacen procedimientos cada

vez más prolongados y con mayor radiación¹. Durante los procedimientos intervencionistas pediátricos los cardiólogos generalmente necesitan estar más cerca del paciente, en comparación con el procedimiento del paciente adulto. A veces no se utilizan los mecanismos de protección adecuados, los procedimientos son largos y complejos y se usan equipos biplanos que pueden representar dosis personales adicionales de radiación. Todas estas consideraciones sugieren la conveniencia de una evaluación cuidadosa de la dosis de dispersión en los procedimientos pediátricos, para optar por medidas de seguridad adecuada⁷.

Según los datos de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) para América Latina y el Caribe, los procedimientos pediátricos son realizados por médicos especialistas en cardiología pediátrica, que en algunos casos no tienen un entrenamiento específico en radiología y protección radiológica. La IAEA, consciente de esta situación, implementó dos proyectos, TSA3 y RLA/9/057/069, encaminados a garantizar la protección radiológica de los pacientes y el personal médico que participa en los procedimientos⁸.

Efectos biológicos de la radiación ionizante

La radiación es la energía liberada por parte de un cuerpo. Esta se puede propagar en forma de ondas electromagnéticas (rayos ultravioleta, rayos gamma, rayos X...). Se define una radiación como «ionizante» cuando tiene la posibilidad de impactar y desplazar un electrón de su órbita, y «no ionizante» cuando no puede lograrlo. La posibilidad o no de que esto suceda depende exclusivamente de la cantidad de energía que posea esa radiación¹. Las medidas en radiación ionizante se dan en Gy (Gray) que es igual a julios/kg y Sv (Sievert). El concepto de *dosis absorbida* está dado por la energía absorbida por unidad de masa en un punto y es medido con los Gy; la *dosis equivalente* está dada por la dosis absorbida por un factor de ponderación WT, la cual tiene que ver con la eficacia biológica de cierto tipo de radiación; y la *dosis efectiva* tiene que ver con la dosis equivalente multiplicada por un factor de ponderación de tejido; estas dos últimas se miden en Sv.

Para obtener la imagen radiológica, los fotones de los 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 que entra en el paciente es de una intensidad cien veces mayor que el haz saliente, de modo que la imagen se crea con el 1% remanente. Por lo tanto, los tejidos a la entrada del haz (generalmente el dorso del paciente) reciben una dosis mucho más alta, y, por ende, mayor riesgo de daño.

La estrategia para la protección radiológica está determinada por el hecho de que las radiolesiones directas, por ejemplo las lesiones de piel, tienen umbral y los efectos cancerígenos no lo tienen; es decir, las radiolesiones directas se pueden evitar controlando la dosis de radiación que se recibe, de manera que no sobrepase ninguno de los umbrales. En cambio, al no tener umbral, los efectos cancerígenos no se pueden eliminar por completo, 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 actividad⁹.

El objetivo de la protección radiológica es evitar los efectos deterministas (lesiones de piel, cataratas...) y reducir, en lo posible, la probabilidad de efectos estocásticos (cancerígenos). Este objetivo se concreta en tres principios:

1. Justificación: las exposiciones producen un beneficio neto frente a los riesgos que conllevan.
2. Limitación de dosis: tener certeza de 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: trabajar 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.

Estos tres principios se aplican tanto a los trabajadores como al público. A los pacientes se les aplican también los principios de justificación y optimización, pero no los 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, la imposición de límites de dosis a los pacientes iría en detrimento de la eficacia del procedimiento⁹.

Efectos deterministas y estocásticos

Los rayos X pueden impactar directamente el núcleo celular, induciendo mutaciones sobre el ADN mediante un mecanismo directo de ionización y excitación del mismo o por efecto indirecto sobre el núcleo por la liberación de radicales libres. A partir de aquí surgen tres posibilidades:

- Que dicha mutación se repare sin secuelas.
- Que la célula muera (efecto determinista que puede dar lugar a radiolesión).

- Que la célula sobreviva mutada por una reparación deficiente (efecto estocástico, potencialmente cancerígeno o enfermedad hereditaria).

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

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

Los efectos deterministas tienen un umbral de dosis de radiación por debajo del cual no tienen lugar y por encima del cual su gravedad 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. Las células más radiosensibles en la piel son aquellas que se encuentran en el sustrato basal de la epidermis⁹. Los efectos estocásticos o probabilistas son aquellos cuya probabilidad de ocurrir aumenta con la dosis, pero no la gravedad del efecto, 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. Estos últimos efectos son menos frecuentes que el cáncer.

Para efectos prácticos en cuanto a protección radiológica se asume que no existe un umbral para los efectos estocásticos. Los efectos pueden ocurrir a dosis bajas pero reiteradas y hasta cuarenta años más tarde. Las células son más radiosensibles cuanto mayor es la tasa mitótica o cuanto más indiferenciadas son. Una vez que la célula es dañada esta es potencialmente carcinogénica, pero existen mecanismos biológicos de reparación celular. Del equilibrio entre ambos mecanismos dependerá la aparición o no de un tumor⁹. La relación directa entre cáncer y radiación surge de los estudios evolutivos sobre las 87.000 personas que sobrevivieron a las explosiones de Hiroshima y Nagasaki y sobre los 407.000 trabajadores de plantas nucleares alrededor del mundo, aceptándose que una dosis efectiva mayor a 100 mSv conlleva riesgo significativo de cáncer. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) promueve el concepto de que no hay una dosis segura.

Cuanto mayor es la dosis mayor es el riesgo para cualquier efecto. El riesgo siempre es mayor en mujeres que en hombres y mayor en niños que en adultos. A su vez, hay un factor desorientador: un cáncer radioinducido es clínicamente un cáncer espontáneo o debido a otros factores de riesgo¹. Si un trabajador o un paciente reciben 100 mSv, lo que equivale a 5.000 radiografías de tórax, el 1% de ellos tendrá un cáncer, radioinducido, con cierto margen de inseguridad, por lo que se puede estimar entre el 0,3 al 3% a sabiendas de que la frecuencia de cáncer espontáneo en un adulto es mucho mayor. Existe una variabilidad interindividual marcada respecto a la sensibilidad del cáncer radioinducido, lo cual se prevé por ciertos cambios cromosómicos, de ahí que en el futuro se puedan acentuar los cuidados en personas que posean tales cambios¹.

Niveles de referencia de dosis en Radiología intervencionista

Se describe el concepto de los niveles de referencia de dosis para diagnóstico propuestos por la ICRP como ayuda para la aplicación del criterio de optimización en radiodiagnóstico y en procedimientos intervencionistas. Dichos niveles se establecen habitualmente como el tercer cuartil de las distribuciones de dosis a pacientes en una muestra amplia de centros y se supone que son valores representativos de buena práctica, desde un punto de vista de la protección del paciente. Durante su determinación se debe evaluar también la calidad de las imágenes para asegurar que es suficiente para el diagnóstico. Cuando los valores de las dosis a los pacientes resultan ser sistemáticamente mayores o mucho más bajos que los valores de referencia se procede a realizar una investigación para la posible aplicación de medidas correctoras. Las normativas europeas y españolas de protección del paciente obligan a utilizar los valores de referencia en los programas de calidad.

Para los procedimientos intervencionistas se suelen utilizar como valores de referencia el producto dosis-área junto con el tiempo de fluoroscopia y el número total de imágenes adquiridas. En los equipos más modernos también se puede utilizar el valor de la dosis acumulada a la entrada del paciente para optimizar la distribución de la dosis en la piel. La ICRP recomienda que se tenga en cuenta la complejidad de los procedimientos intervencionistas cuando se establecen los valores de referencia. Los servicios de diagnóstico por imagen dispondrán, en el futuro, de sistemas automáticos de gestión de datos dosimétricos para pacientes, que permitirán la auditoría continua de las dosis y recibir alertas sobre procedimientos individuales que puedan registrar dosis varias veces por encima de los valores de referencia^{10,11}.

Los NRD son indicadores de la calidad de equipos y procedimientos, no se aplican a casos individuales, no constituyen límites ni son "dosis óptimas". Su valor numérico no surge de un valor promedio sino que se establece mediante un método estadístico teniendo en consideración el percentil 75 de la distribución de dosis medidas (o de las actividades administradas). Esto significa que en un 25% de los casos las dosis (o actividades) se sitúan por encima del NRD. Identificando y eliminando las causas, la curva gaussiana se desplazará hacia la izquierda y se dará la consecuente disminución del valor de NRD. Aquí reside el rasgo "dinámico" del concepto de NRD: partir del conocimiento de una realidad local para intentar modificarla tendiendo a la reducción progresiva de las dosis hasta alcanzar un valor óptimo. Conviene recordar que la noción de NRD es indisociable de la de "calidad informativa de la imagen"; es, asimismo, un concepto evolutivo que deberá actualizarse acorde con el desarrollo de la tecnología disponible en cada país o región, o ambas¹².

Protección radiológica en Intervencionismo pediátrico

Existe un nivel de aprensión acerca de la intención en el cateterismo diagnóstico e intervención pediátrica, ligada

directamente al desconocimiento de sus efectos nocivos. Por ello es importante profundizar en la difusión de la información y en la capacidad para entender el tema y motivar el conocimiento de los probables efectos perjudiciales de la aplicación médica de los rayos x, lo cual apunta al beneficio de los pacientes y al trabajador ocupacionalmente expuesto.

Un concepto importante es el de "ALARA" el cual se refiere a que la dosis de radiación utilizada debe ser lo más razonablemente baja posible¹³. Los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes en una sala de intervencionismo necesitan saber qué dosis están recibiendo. Esta es la verdadera prueba para saber si la práctica de la protección radiológica se está cumpliendo satisfactoriamente o si se necesitan mejoras. Las dosis ocupacionales de interés son aquellas dirigidas a órganos o tejidos particulares, específicamente dosis equivalente en piel, cristalino, manos y pies, así como la dosis a cuerpo entero o dosis efectiva. Todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos deben ser monitorizados para determinar su nivel de exposición. Ello permite detectar malos hábitos de trabajo que puedan redundar en dosis demasiado elevadas, que puedan ser reducidas con ciertos consejos prácticos. Se aconseja medir mensualmente las dosis ocupacionales.

En algunas jurisdicciones esta supervisión mensual es obligatoria. La ICRP recomienda que los operadores utilicen dos dosímetros: uno sobre el delantal, a la altura de la glándula tiroides, y otro por debajo del mismo, a la altura del tórax o del abdomen. Una sugerencia similar emite la OIEA. Se propone también en algunos casos, como en los procedimientos de electrofisiología, la dosimetría de la mano izquierda para los primeros operadores. Los requerimientos y recomendaciones sobre el número y localización de los dosímetros varían de país a país.

La dosis medida sobreestima en general la dosis recibida por el feto ya que no tiene en cuenta la atenuación producida por los tejidos de la madre. Este dosímetro debería ser evaluado mensualmente. Los dosímetros electrónicos pueden ser usados para obtener una estimación rápida de la dosis en estos casos. En aquellos centros que acostumbran a utilizar dos dosímetros, a las trabajadoras que pueden llegar a quedar embarazadas se les recomienda usar el dosímetro por debajo del delantal, a la altura de la cintura. Los datos de este dosímetro permiten una estimación de la dosis fetal desde la concepción hasta la declaración del embarazo¹⁴.

Los cardiólogos intervencionistas están inevitablemente expuestos a radiación durante el ejercicio de sus tareas. Sin embargo, es raro que un cardiólogo intervencionista muy ocupado pero que toma todas las medidas adecuadas de protección radiológica sobrepase una dosis efectiva de 10 mSv/año y es posible que esté en el rango de 1-4 mSv/año. La sección de seguridad radiológica o de física médica de cada hospital debe revisar las dosis personales de sus trabajadores ocupacionalmente expuestos de forma regular. Esto permite verificar que las dosis recibidas no excedan los límites, así como asegurar que estas se encuentren en concordancia con las esperadas en la sección y tipo de trabajo de cada trabajador ocupacionalmente expuesto. Es importante recordar que los niveles de referencia no son límites

Tabla 1 Valores límite de dosis por exposición ocupacional (traducida de ICRP, 1996:2-3)

Cantidad de la dosis	Límite de la dosis ocupacional
Dosis efectiva	20 mSv por año promedio durante cinco años consecutivos (100 mSv en 5 años) y 50 mSv por cada año
Dosis equivalente en: Cristalino y ojo	20 mSv en un año, promedio definido de cinco años consecutivos, sin exceder 50 mSv en cada año
Piel	500 mSv en un año
Extremidades ^a : (manos y pies)	500 mSv en un año

^a Promediado sobre 1 cm² de la zona más altamente irradiada de la piel

de dosis sino gatillos que disparan una práctica mejor de protección radiológica. Las dosis ocupacionales inesperadamente bajas también deben ser investigadas ya que pueden significar un mal uso o incluso un desuso de los dosímetros¹¹. En la [tabla 1](#) se detallan las dosis máximas a exposición ocupacional.

Las tres reglas de oro de la protección de los profesionales son las siguientes:

1. Reducir el tiempo y la cantidad de radiación, o ambas: se logra utilizando moderadamente la fluoroscopia, disminuyendo las escenas con dosis altas, utilizando fluoroscopia pulsada, moderando el número de filmaciones y el número de imágenes por escena y utilizando filtros, colimación, entre otros.
2. Aumentar la distancia y dar un paso atrás cuando la intervención no requiera mantenerse totalmente cercanos al paciente, fundamentalmente durante la filmación.
3. Usar blindaje: está suficientemente comprobada la utilidad de la protección no solo de los delantales plomados (la dosis es solo del 5% de la que se está expuesto si no se usa) sino 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 (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) solo consiguen atenuar la radiación entre un 40 a un 50%, y además son de elevado costo y suponen la disminución de la habilidad y sensibilidad de las manos; adicionalmente, su desecho debe ser controlado para evitar la contaminación del medio ambiente.

En virtud de los reportes recientes sobre la mayor incidencia de cáncer de cerebro se han diseñado protectores para la cabeza; sin embargo, son incómodos y pesados, lo que podría potencialmente aumentar la probabilidad de

lesiones cervicales, y, por otro lado, aún no está demostrada su eficacia¹⁴. Entre los años 2008 al 2013, el *Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium* (CCISC) realizó un estudio en el cual mostró mayor tiempo de fluoroscopia y mayor dosis de radiación en procedimientos intervencionistas que en procedimientos diagnósticos¹⁵.

Recomendaciones 2015 para pacientes según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, su sigla en inglés por International Commission On Radiological Protection)

- Trabajar con la mesa en la posición más alta posible para aumentar la distancia entre el paciente (generalmente su dorso) y la fuente de rayos X.
- Evitar al máximo las proyecciones oblicuas o axiales extremas ya que esto aumenta considerablemente la dosis en piel.
- No trabajar en una sola proyección. Cuanto más se rote el arco la zona de piel sobre la que incide el haz de rayos X será más amplia y se acumulará menos la radiación en una misma 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.
- Usar siempre la colimación, ya que, cuanto menor es la zona de incidencia, menor es el volumen de tejido irradiado y así mismo la probabilidad de efecto estocástico. Se recomiendan equipos con colimación virtual que son los que permiten su aplicación, así como lo de los filtros, sin necesidad de activar el fluoroscopio. El mismo concepto es válido para los filtros en cuña, generalmente en cobre u otros metales, que pueden disminuir la dosis en piel hasta en un 70% y mejorar sustancialmente la calidad de las imágenes.
- Extremar los criterios de protección radiológica en niños sometidos a procedimientos invasivos.
- Retirar la rejilla antidifusora.
- Someter a procedimientos invasivos a las mujeres embarazadas únicamente en casos plenamente justificados. Cuando ese sea el caso, envolver su abdomen con un delantal plomado sin importar el tiempo de gestación; no obstante, cabe aclarar que cuanto más avanzado es el embarazo, menor es la posibilidad de radiolesiones en el feto.
- Filmar lo menos posible porque la dosis en piel aumenta hasta por un factor x10 según el equipo.
- Documentar lo estrictamente necesario.
- Tener en cuenta la posibilidad de realizar procedimientos complejos o muy largos en etapas, si es clínicamente factible.
- Realizar seguimiento alejado de pacientes que recibieron dosis elevadas para observar su espalda o si se trata de pacientes sensibles, por ejemplo con lupus cutáneo, colocar un dosímetro en el procedimiento y dejar documentada la dosis en la historia clínica¹⁴.

Recomendaciones 2015 para el trabajador ocupacionalmente expuesto según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, su sigla en inglés por International Commission On Radiological Protection)

- Trabajar en colaboración con otros profesionales (físico médico, expertos en protección radiológica en aplicaciones médicas) y cumplir las condiciones establecidas por la autoridad reguladora de radiaciones ionizantes de su país.
- Utilizar dosímetros personales, preferentemente dos; uno sobre el delantal plomado y otro por debajo de este.
- Observar la dosis mensual y en caso de dudas consultar con los responsables de la protección radiológica de su hospital. La dosimetría electrónica adicional puede ayudar a optimizar los procedimientos.
- Utilizar siempre delantales plomados, de preferencia de dos piezas cruzadas al frente, para que en la parte frontal la protección sea equivalente a 0,5 mm de plomo, lo que permite que se distribuya el 70% del peso en la cadera y solo el 30% en los hombros. Si su personal utiliza delantal frontal de una sola pieza tener presente que nunca dé la espalda al tubo.
- Usar lentes plomados, equivalente al 0,5 mm de plomo, protector de tiroides y, de ser posible, hombrera izquierda y pantorrilleras.
- Fomentar el uso de equipos que incorporen elementos de disminución de dosis en los pacientes, fluoroscopia pulsada, filtros de cobre o similar en el haz, colimación virtual, entre otros. La tecnología digital de panel plano posee importantes beneficios sobre la disminución de dosis si se siguen correctamente las indicaciones.
- Trabajar con la mesa lo más alta posible y utilizar el intensificador de imágenes o panel digital plano lo más cercano al tórax del paciente.
- Evitar en lo posible el uso de proyecciones oblicuas.
- Nunca poner sus manos en el haz de rayos x, siempre colimar y colocar los filtros en cuña, trabajar con fluoroscopia pulsada y filmar lo mínimo posible.
- Trabajar con vidrio protector y colocar la pollera plomada entre el médico y el tubo emisor de rayos x. Utilizar dispositivos especiales de protección radiológica para acceso radial en caso de disponer de ellos.
- Registrar la dosis recibida por el paciente en el informe del procedimiento; los equipos modernos la brindan automáticamente.
- Dar un paso atrás en el momento de la filmación¹⁴.

Creative commons

Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada (CC BY-NC-ND)

Conflicto de intereses

Ninguno.

Bibliografía

1. The National Academies. BEIR VII health risks from exposure to low levels of ionizing radiation. [Internet]. Expert Consensus Report. 2002 [Acceso 11 Mar 2019]. Disponible en: <http://dels.nas.edu/resources/static-assets/materials-based-on-reports/reports-in-brief/beir.vii.final.pdf>.
2. Picano E, Andreassi MG, Rehani MM, Bolognese L, Vano E. adia-tion protection. En: Eeckhout E, Serruys PW, Wijns W, et al, editores. Percutaneous interventional cardiovascular medicine The PCR-EAPCI textbook. Paris: Europa Edition; 2013.
3. Berrington de González A, Mahesh M, Kim KP, Bhargavan M, Lewis R, Mettler F, Land C. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. *Arch Intern Med.* 2009;169:2071-7.
4. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation [Internet]. UNSCEAR 2008 Report, 2. Viena: UNSCEAR; 2008 [Acceso 11 Mar 2019]. Disponible en: https://www.unscear.org/unscear/publications/2008_1.html.
5. Picano E. Sustainability of medical imaging. *BMJ.* 2004;328:578-80.
6. Mettler FA Jr, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS, Lipoti, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources-1950-2007. *Radiology.* 2009;253:520-31.
7. Li LB, Kai M, Takano K, Ikeda S, Matsuura M, Kusama T. Occupational exposure in pediatric cardiac catheterization. *Health Phys.* 1995;69:261-4.
8. Vano E, Ubeda C, Miranda P, Leyton F, Durán A, Nader A. Radiation protection in pediatric interventional cardiology: An IAEA PILOT program in Latin America. *Health Phys.* 2011;101:233-7.
9. Duran A, Vano E, Ortiz López P, et al. Protección radiológica en Cardiología intervencionista. In: Sousa A, Abizaid A, Martínez Ríos M, et al. eds.). Intervenciones cardiovasculares SOLACI.
10. ICRP. 1990 Recommendations of the International Commission On Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann ICRP;* 1991, 211-200.
11. ICRP. Radiological protection and safety in medicine, 26. P Publication 73. *Ann ICRP;* 1996. p. 1-47.
12. Beauvais-March H, Valero M, Biau A, Bourguignon M. Niveaux de reference diagnostiques: spécificités de la demarche français en radiologie. *Radioprotection.* 2003;38:187-200.
13. Connolly B, Racadio J, Towbin R. Practice of ALARA in the pediatric interventional suite. *Pediatr Radiol.* 2006;36 Suppl 2: 163-7.
14. ICRP. Proceedings of the Third International Symposium on the System of Radiological Protection, 45. *Ann. ICRP;* 2016.
15. Kobayashi D, Meadows J, Forbes TJ, Moore P, Javois AJ, Pedra CA, et al. Standardizing radiation dose reporting in the pediatric cardiac catheterization laboratory-a multicenter study by the CCISC (Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium). *Catheter Cardiovasc Int.* 2014;84:785-93.