

ARTÍCULO ESPECIAL

Elementos de protección radiológica en salas de intervencionismo



Jairo Fernando Poveda B.^a y María Cristina Plazas^b

^a Hospital Pablo Tobón Uribe, Medellín, Colombia

^b Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

Recibido el 13 de mayo de 2019; aceptado el 2 de enero de 2020

PALABRAS CLAVE

Cataratas;
Radiación ionizante;
Mampara plomada;
Gafas plomadas;
Radioprotección

Resumen El número y la complejidad de los procedimientos de diagnóstico e intervencionismo cardiovascular se han incrementado de manera significativa, hecho que genera mayor exposición a dosis bajas de radiación ionizante debido a la radiación dispersa por el paciente. El cristalino es una de las estructuras más sensibles a la radiación, y las cataratas son la enfermedad ocular más estudiada y frecuente en el personal de la salud ocupacional, expuesto a dosis bajas de radiación.

La formación de cataratas es un proceso multifactorial en el que la exposición a la radiación ionizante se ha asociado a opacidades subcapsulares posteriores, que es la forma más común de lesión, seguida por las cataratas corticales.

Existen varios estudios que han evaluado los efectos de la exposición ocupacional por radiación ionizante en el cristalino en cardiólogos intervencionistas, comparándolos con controles no expuestos.

Estos estudios concluyen que hay mayor prevalencia de opacidades subcapsulares posteriores en el personal expuesto a radiación ionizante, especialmente en los cardiólogos intervencionistas (por trabajar muy cerca del generador de rayos X), la cual está relacionada con la duración de la práctica del intervencionismo cardíaco y disminuye con el uso regular de lentes plomados.

Lo llamativo de muchos estudios es el bajo uso que hacen los cardiólogos intervencionistas de los elementos de protección radiológica, en especial de las gafas y la mampara plomada, los cuales han demostrado efectividad en la reducción de la radiación ionizante recibida por el personal de la sala de cateterismo cardíaco.

© 2020 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/>).

KEYWORDS

Cataracts;
Ionising radiation;
Leaded screen;

Elements of radiation protection in intervention rooms

Abstract The number and complexity of cardiovascular diagnostic and intervention procedures has grown significantly. This has led to a greater exposure to low doses of ionising radiation due to the radiation dispersed by the patient. The crystalline lens of the eye is one of the structures

Correo electrónico: orionjf@gmail.com (J.F. Poveda B).

<https://doi.org/10.1016/j.rccar.2020.01.002>

0120-5633/© 2020 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/>).

Leaded glasses; Radiation protection

most sensitive to radiation, and cataracts are the most common and studied eye disease in occupational health staff, exposed to low radiation doses.

The formation of cataracts is due to several factors in which the exposure to ionising radiation has been associated with posterior subcapsular opacities, followed by cortical cataracts.

There are several studies that have evaluated the effects of occupational exposure due to ionising radiation in the crystalline lens in interventionist cardiologists, and comparing them with non-exposed controls.

These studies conclude that there is a higher prevalence of posterior subcapsular opacities in staff exposed to ionising radiation, particularly in interventionist cardiologists (due to working very near the X-ray generator). This is also associated with the duration of working in cardiac interventions, and decreases with the use of leaded glasses.

The low use that interventionist cardiologists make of radiation protection materials is highlighted in many studies. This is particularly noteworthy in the use of glasses and a leaded screen, which have shown to be effective in reducing the ionising radiation received by the staff in the cardiac catheterisation room.

© 2020 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

Los procedimientos en cardiología intervencionista son los que, por su complejidad, emplean altas dosis de exposición tanto para el paciente como para el personal de salud ocupacional expuesto¹. Por tanto, las salas o laboratorios de cardiología intervencionista deben estar equipados con accesorios especiales para la atenuación de la radiación dispersa generada por la mesa, el paciente y el receptor de imagen o *flat panel*.

El diseño de la sala de cardiología intervencionista es un factor importante en la optimización de la protección radiológica. Un espacio amplio hace que los rayos dispersados sean atenuados por la distancia y no generen múltiples dispersiones con paredes u objetos que aumenten la exposición de las personas dentro de la sala².

Un cálculo de los blindajes en el que se consideren adecuadamente las cargas de trabajo, así como las barreras primarias y secundarias, conlleva la optimización en recursos y la protección satisfactoria del trabajador de salud ocupacional expuesto y de los usuarios.

La elección de los elementos de protección radiológica debe tener en cuenta aspectos importantes, como la geometría del equipo de angiografía instalado (equipos monoplanares o biplanos), el conocimiento de las curvas de isodosis generadas por el equipo y la forma como cambian las tasas de exposición con las diferentes posiciones del tubo de rayos X en las proyecciones empleadas durante los procedimientos intervencionistas.

Distribución de la radiación de dispersión

Un aspecto que se debe tener en cuenta en la exposición ocupacional es la dispersión que se produce cuando el haz de radiación incide sobre el paciente, pues es mayor en el lado de entrada del volumen expuesto y se va atenuando

con la distancia, otros factores que afectan la dosis de exposición del personal son la posición relativa respecto al paciente, posición del tubo de rayos X, volumen irradiado del paciente, modo seleccionado para irradiar en el equipo (fluoroscopia pulsada, adquisición o cine, sustracción digital, etc.). Las [figuras 1 a, b y c](#) muestran el perfil de distribución de exposición o curvas de isodosis.

Para minimizar la exposición a radiación se describe el equipo básico de protección radiológica que debe utilizar tanto el personal intervencionista como el personal que lo acompaña en la sala.

Vestimenta de protección personal

Los productos de blindaje de plomo, como los delantales plomados, son materiales importantes para la protección personal de médicos y pacientes contra la radiación de rayos X durante las operaciones médicas. Sin embargo, la toxicidad del plomo es una preocupación importante y su eliminación está asociada con algunos peligros ambientales³⁻⁵. Además, los delantales plomados, que se componen de láminas de plomo delgadas y estratificadas, tienen problemas comunes de agrietamiento debido a la flexión y la suspensión incorrecta después del uso.

Estudios recientes de materiales sin plomo se han centrado en el desarrollo de procesos que incorporan polvos metálicos en láminas de polímeros con suficiente contenido de metal para un apantallamiento efectivo y durabilidad a fin de evitar rasgaduras y grietas⁶.

Para mantener los polvos pesados en forma dispersa se emplea el caucho de silicona (SR) como revestimiento, debido a su alta viscosidad; además, este caucho tiene alta durabilidad frente al agrietamiento y buena flexibilidad⁷.

En la actualidad se encuentran en el mercado elementos de protección fabricados con telas de algodón recubiertas con caucho de silicona que contienen polvos de tungsteno,

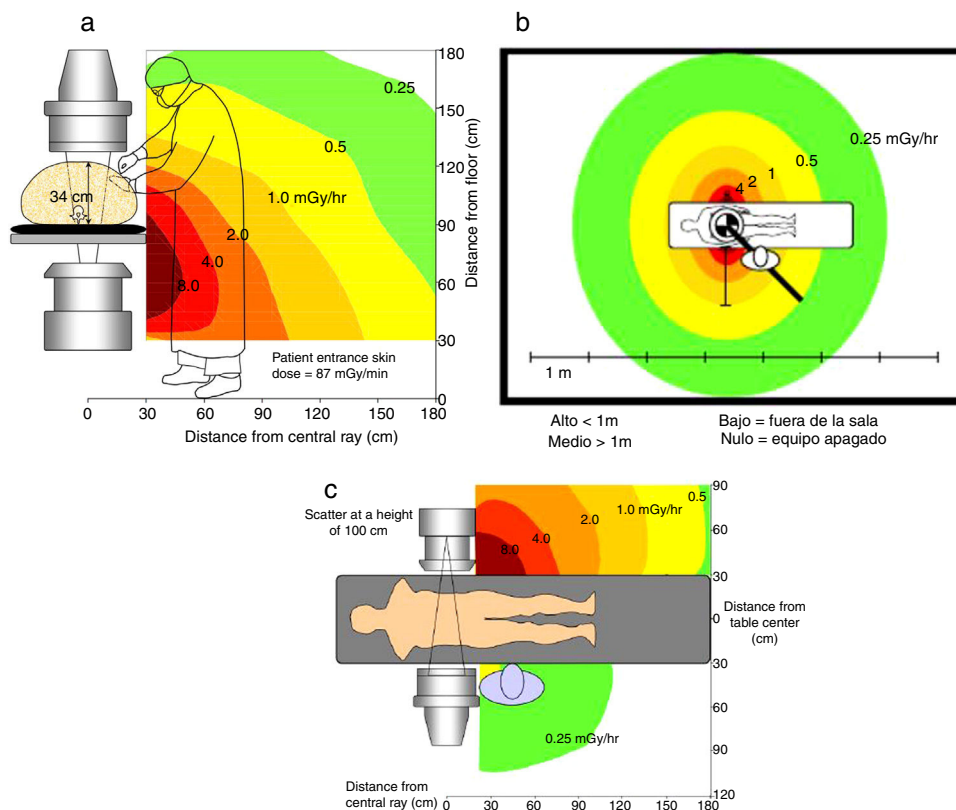


Figura 1 a) Distribución de dosis de exposición con la geometría del tubo de rayos X bajo la mesa; la intensidad es mucho mayor en los miembros inferiores del médico intervencionista³. b) La distribución de la exposición varía con la distancia⁴. c) Distribución de la exposición en proyecciones laterales⁴.

bismuto o sulfato de bario^{8,9}. Estos elementos son mucho más livianos y poseen coeficientes de atenuación similares a los plomados.

En el comercio se ofrecen delantales con espesores equivalentes de 0,25; 0,35 y 0,5 mm de Pb.

La elección de la vestimenta de protección debe tener en cuenta aspectos como los siguientes:

- El uso de chaleco-falda (fig. 2) distribuye el peso entre los hombros (chaleco) y la cadera (falda) a diferencia del delantal, el cual descarga todo su peso sobre los hombros.
- El uso del delantal no proporciona protección en la espalda, y dentro de las salas de intervencionismo el personal que asiste puede estar expuesto debido a sus desplazamientos o posición.

Pruebas realizadas de la transmisión de la radiación dispersa a través de monitores de radiación han permitido valorar que la atenuación del delantal con equivalencia a 0,5 mm de plomo es hasta del 99% cuando la técnica del angiógrafo es de bajo kilovoltaje (60 kV) y hasta del 92% cuando se trabaja con técnica de alto kilovoltaje (100 kV).

El protector de tiroides

Usualmente está elaborado con un equivalente de 0,5 mm de Pb. Debe elegirse una talla adecuada de tal manera que quede bien ajustado y proteja la glándula tiroides. Reduce

aproximadamente el 80% de la dosis en la tiroides y el esófago superior (fig. 3).

Cuidados especiales de la vestimenta plomada de protección personal

Debido a su tamaño y peso debe prestarse especial cuidado en su almacenamiento porque podrían producirse rupturas en los mismos. Su limpieza y desinfección deben realizarse continuamente para evitar malos olores y bacterias que se concentren en su interior. Cada año se debe realizar un chequeo bajo fluoroscopia para determinar que se mantienen su composición y buen estado. Elementos con fracturas, perforaciones y otras alteraciones deben ser evaluados con los criterios recomendados para su descarte.

Cortinillas plomadas

Los sistemas de protección del segmento inferior del cuerpo son una parte integral de la protección radiológica para los procedimientos de cardiología intervencionista. En general, el tubo de rayos X del angiógrafo permanece bajo la camilla del paciente. El uso de cortinillas plomadas instaladas en la parte lateral de la camilla reduce la radiación secundaria generada por la dispersión del haz de radiación en la superficie de la mesa y en el paciente. Este sistema de protección con cortinillas plomadas atenúa la radiación debajo de la



Figura 2 a) Kit chaleco-falda. b) Delantal.



Figura 3 Cuello plomado.



Figura 4 Cortinillas plomadas.

mesa y protege las extremidades inferiores y el área genital del profesional. Como el peso es soportado por la camilla se pueden usar valores mayores de atenuación equivalente de plomo (fig. 4).



Figura 5 Protectores móviles plomados.



Figura 6 Gafas plomadas con protección lateral.

Protectores móviles para uso flexible

En ocasiones en las que el procedimiento intervencionista requiere de posición del personal médico en la cual la cortinilla plomada no alcanza a proteger la parte inferior del cuerpo es útil el empleo de escudos móviles (fig. 5).

Gafas plomadas

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) recomendó bajar el nivel de dosis en el cristalino de 150 mSv a 20 mSv de acuerdo con los estudios realizados en los cuales se han documentado lesiones oftalmológicas en algunos procedimientos de cardiología intervencionista^{10,11}.

Para el personal que se encuentra cerca del paciente es recomendable usar protección ocular mediante gafas con lentes plomadas. Para que la protección ocular sea efectiva las gafas protectoras deben equiparse con blindajes laterales, de modo que se reduzca la dosis de radiación en dicha dirección. Así mismo, deben ser cómodas, incluso para los usuarios de lentes correctores. En general, las gafas plomadas se diseñan con un equivalente de plomo de 0,7 mm en la parte frontal y 0,5 mm en las partes laterales (fig. 6).

Las gafas plomadas pueden ser muy pesadas y romperse con facilidad en caso de caída; por consiguiente, se recomienda usar dispositivos o cordones de seguridad para evitar que esto suceda.



Figura 7 Mamparas de techo.

Mamparas suspendidas del techo

Las mamparas plomadas de cristal o plástico, suspendidas del techo, son de uso muy frecuente en las salas de cateterismo cardiaco. Son móviles, transparentes y articuladas, características que las hacen altamente eficientes para atenuar la radiación dispersa que llega a la altura de la cabeza y el cuello del médico intervencionista y, por tanto, proporcionan protección al cristalino, la cabeza y la tiroides. Este tipo de mamparas se colocará entre el personal y el área irradiada del paciente.

El mayor efecto se obtiene cuando los dispositivos están cerca del paciente y bloquean la línea de visión del punto de entrada del haz.

A menudo se sujetan tiras de vinilo de plomo debajo de la ventana para proporcionar una protección adicional al torso. Generalmente, contienen información sobre la equivalencia de plomo y la máxima tensión del tubo para la cual son válidas.

El uso de una mampara de techo (fig. 7) no exime el empleo de las gafas plomadas.

Guantes plomados

Tienen más desventajas que ventajas debido a que aquellos que permiten mantener el tacto suficiente, atenúan tan solo entre el 30 al 40% de la radiación incidente, su costo es elevado y crean artefactos en la imagen cuando se interponen en el haz directo; en ese caso el control automático de

exposición del equipo aumenta la dosis en el paciente al ser registrado un espesor adicional en el campo de irradiación. Suponen la disminución de la habilidad y sensibilidad de las manos. Su desecho debe ser controlado para evitar la contaminación del medio ambiente.

Gorros plomados

En virtud de los recientes reportes sobre la mayor incidencia de cáncer de cerebro^{12,13} se han diseñado protectores para la cabeza, pero son incómodos y pesados, lo que podría aumentar potencialmente la probabilidad de lesiones cervicales. Por otro lado, aún no está demostrada su eficacia.

Creative commons

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

Conflicto de intereses

Ninguno.

Bibliografía

1. Duran A. Protección radiológica en cardiología intervencionista. *Arch Cardiol Mex.* 2015;85:230–7.
2. Consejo de Seguridad Nuclear. Protección radiológica específica en instalaciones de radiodiagnóstico [Internet]. Consejo de Seguridad;. 2009 [Acceso 2 Mar 2019]. Disponible en: http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/470228685_2112009112333.pdf.
3. Schueler BA, Vrieze TJ, Bjarnason H, Stanson AW. An investigation of operator exposure in interventional radiology. *Radiographics.* 2006;26:1533–41.
4. Simbaqueba A. Evaluación de riesgos de un servicio de radiología de las Clínicas Reina Sofía y Clínica Universitaria Colombia en la Organización Sanitas Internacional [Tesis de posgrado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2015.
5. Abadin H et al. Toxicological profile for lead [Internet]. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2007 [Acceso 1 Mar 2019]. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>.
6. Aral N, BanuNergis F, Candan C. An alternative X-ray shielding material based on coated textiles. *Text Res J.* 86(8):803-11.
7. Zuguchi M, Chida K, Taura M, Inaba Y, Ebata A, Yamada S. Usefulness of non-lead aprons in radiation protection for physicians performing interventional procedures. *Radiat Prot Dosimetry.* 2008;131:531–4.
8. McCaffrey JP, Mainegra-Hing E, Shen H. Optimizing non-Pb radiation shielding materials using bilayers. *Med Phys.* 2009;36:5586–94.
9. Kim SC, Nergis FB, Candan C. Medical radiation shielding effect by composition of barium compounds. *Ann Nucl Energy.* 2012;47:1–5.
10. Vaño E, Sánchez RM, Fernández JM. Estimation of staff lens doses during interventional procedures, comparing cardiology, neuroradiology and interventional radiology. *Radiation Protection Radiology.* 2015:1–5.

11. Ciraj-Bjelac O, Rehani MM, Sim KH, Liew HB, Vano E, Kleiman NJ. Risk for radiation induced cataract for staff in interventional cardiology: is there reason for concern? *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76:826–34.
12. Ramos Avasola S, Díaz N, Roldán R, Gamarra J, Catalán M. ¿Es suficiente la protección anti-radiación otorgada por gorros de pabellón de tungsteno-bismuto en cardiología intervencionista? *Rev Med Chile.* 2016;144:837–43.
13. Roguin A, Goldstein J, Bar O, Goldstein JA. Brain and neck tumors among physicians performing interventional procedures. *Am J Cardiol.* 2013;111:1368–72.