

Editorial

Protección radiológica en ecocardiografía intervencionista. Recomendaciones de la SEC-Asociación de Imagen Cardiaca/SEC-Asociación de Cardiología Intervencionista



Radiation protection in interventional echocardiography. Recommendations of the SEC-Cardiovascular Imaging Association/SEC-Interventional Cardiology Association

Alberto Cecconi^a, Chi-Hion Pedro Li^{b,*}, Miguel Pombar Camean^c, Ignacio Cruz-Gonzalez^{d,e,f}
y Amparo Martínez Monzonís^{e,g}

^a Servicio de Cardiología, Hospital Universitario de La Princesa, Madrid, España

^b Servicio de Cardiología, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, IIB Sant Pau, Barcelona, España

^c Servicio de Radiofísica e Protección Radiológica, Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, A Coruña, España

^d Servicio de Cardiología, Hospital Universitario de Salamanca, Salamanca, España

^e Centro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Cardiovasculares (CIBERCV), España

^f Instituto de Investigación Biomédica de Salamanca (IBSAL), Salamanca, España

^g Servicio de Cardiología, Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, A Coruña, España

Historia del artículo:

On-line el 12 de junio de 2023

El tratamiento percutáneo de las enfermedades cardíacas estructurales está en plena expansión. Actualmente, la mayoría de los hospitales terciarios realizan procedimientos percutáneos como el implante percutáneo de la válvula aórtica (TAVI), la reparación valvular mitral, el cierre de orejuela izquierda o el tratamiento de defectos septales. En este contexto, la imagen cardíaca ha adquirido un papel fundamental en la planificación del procedimiento, durante su monitorización ecocardiográfica y el seguimiento posterior. Por este motivo, el ecografista intervencionista es parte integrante del equipo médico presente en estos procedimientos.

La fluoroscopia sigue siendo indispensable en todo procedimiento intervencionista por su amplio campo de visión y la visualización del material técnico, lo que implica una exposición del personal a la radiación ionizante. Las unidades de radioprotección y de cardiología intervencionista abordaron este problema hace tiempo creando sistemas de radioprotección para el cardiólogo intervencionista, cursos obligatorios y dirigidos de radioprotección y recomendaciones bien establecidas por las sociedades científicas^{1,2}. Sin embargo, la estrategia de radioprotección del ecografista intervencionista varía significativamente según el centro de trabajo, y con frecuencia es deficitaria.

Recientes publicaciones ponen de manifiesto que la exposición a la radiación del ecografista intervencionista es un problema de gran magnitud³⁻⁵. Durante la reparación mitral borde a borde, McNamara et al.⁴ documentaron una exposición a radiación por procedimiento 10 veces superior para el ecografista intervencionista pese a disponer de pantalla protectora (10,5 frente a 0,9 μ Sv; $p < 0,001$). El grupo de Crowhurst evidenció una reducción del 82%

de la radiación recibida tras la implementación de una pantalla protectora⁵.

Dada la situación, la Asociación de Imagen Cardíaca y la Asociación de Cardiología Intervencionista de la Sociedad Española de Cardiología (SEC) han promovido estas recomendaciones con el objetivo de incrementar la seguridad del ecografista intervencionista.

SITUACIÓN ACTUAL EN RADIOPROTECCIÓN DEL ECOGRAFISTA INTERVENCIONISTA EN ESPAÑA

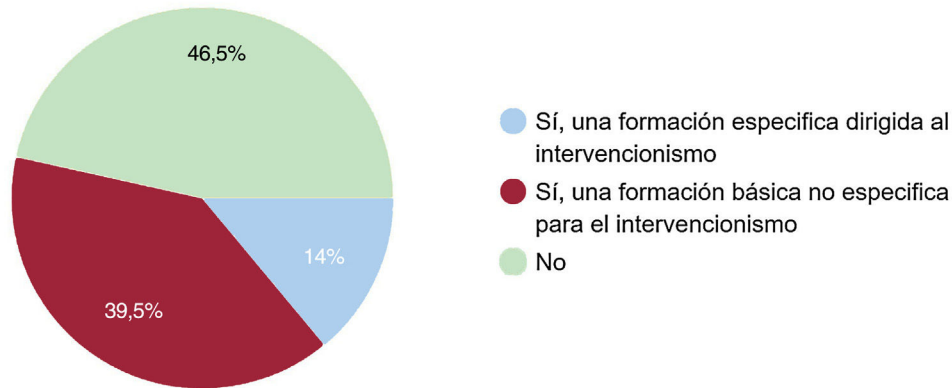
Con el objetivo de conocer el estado actual de las estrategias de radioprotección en España, la Asociación de Imagen Cardíaca de la SEC ha realizado una encuesta dirigida a los profesionales dedicados. Respondieron un total de 42 cardiólogos de 33 centros de España, que representan a la totalidad de las comunidades autónomas españolas. La media de edad fue $44,4 \pm 8,2$ años y el 58,1% eran mujeres. La experiencia laboral media en los procedimientos intervencionistas fue de $7,7 \pm 5,8$ años y el tiempo semanal dedicado a procedimientos fue de 1 día en el 74,4%, 2 días en el 11,6%, 3 días en el 11,6% y 4 días en el 2,3% de los encuestados. El tipo de procedimientos asistidos fueron cierre de orejuela (88%), cierre de defectos interauriculares (81%), reparación mitral borde-a-borde (79%), valvuloplastia mitral (51%), intervención de la tricúspide (51%) e implante de prótesis aórtica (42%). La encuesta puso de manifiesto la limitada formación en radioprotección y el reducido acceso a material de protección (figura 1). El 46,5% no había recibido formación en radioprotección y solo el 34,9% tenía pantallas de protección. Además, en el 34,9% de los casos, el ecografista intervencionista no disponía de dosímetros dedicados a la medición de la exposición a radiación y quienes disponían de ellos, en gran medida, desconocían su dosis acumulada.

* Autor para correspondencia.

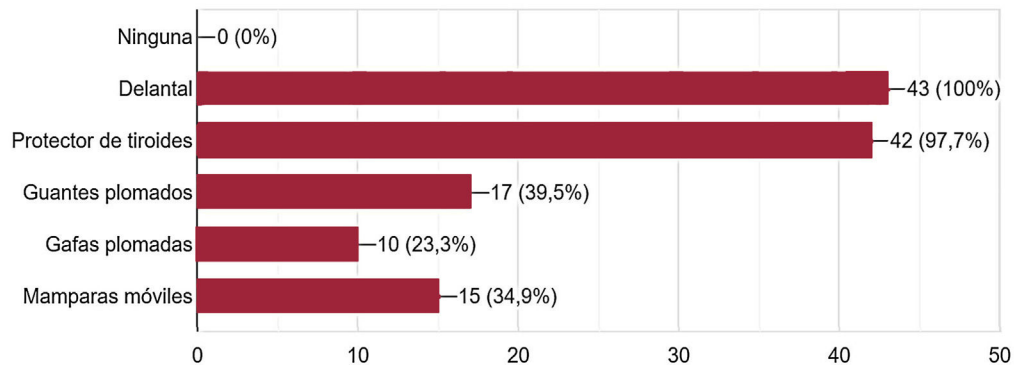
Correo electrónico: CH.PedroLi@gmail.com (C.-H.P. Li).

✉ @CardioCecconi

Formación en radioprotección:



Medidas de radioprotección disponibles durante los procedimientos:



Dosímetros de radiación disponibles durante los procedimientos:

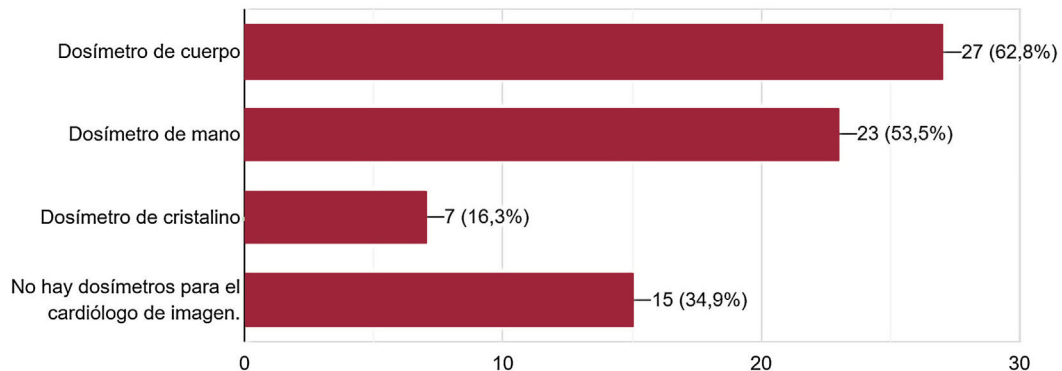


Figura 1. Estado actual de la radioprotección del ecocardiografista intervencionista en España. Participaron en la encuesta 42 ecocardiografistas intervencionistas de 33 centros de España. Se muestran los resultados de las preguntas sobre formación en protección radiológica y acceso al material de radioprotección.

ASPECTOS TÉCNICOS DE RADIOPROTECCIÓN EN LA SALA DE HEMODINÁMICA

La mayor fuente de exposición a la radiación para el personal de cardiología intervencionista es la radiación dispersada por el propio paciente. Por lo general, controlando la dosis que recibe el paciente también se minimiza la dosis que recibe el personal de la sala. Sin embargo, es necesario utilizar elementos de protección para mantener la dosis ocupacional por debajo de los límites legales y tan baja como sea razonablemente posible (principio ALARA).

Todo el personal que trabaja dentro de la sala durante los procedimientos de cardiología intervencionista se clasifica como trabajador expuesto, generalmente de categoría A, por lo que es obligatorio que disponga de dosímetros personales de solapa (colocado debajo del delantal plomado), de muñeca/anillo y de cristalino⁶.

Los límites de dosis vienen establecidos en el Real Decreto 1029/2022, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (tabla 1)⁷.

Sin embargo, cabe destacar que la monitorización de la exposición a la radiación mediante la dosis acumulada anual,

Tabla 1
Límites de dosis ocupacionales

Magnitud de dosis	Límite de dosis ocupacional
Dosis efectiva	20 mSv por año oficial
Dosis equivalente en cristalino	100 mSv a lo largo de 5 años oficiales consecutivos y una dosis máxima de 50 mSv en 1 único año oficial
Dosis equivalente en extremidades	500 mSv por año oficial

válida para los cardiólogos intervencionistas presentes a diario en la sala de hemodinámica, puede subestimar el riesgo real de la exposición a altos picos puntuales repetidos a los cuales está sometido el ecografista intervencionista.

Los dispositivos de protección individual incluyen delantales plomados, protectores de tiroides, gafas de vidrio plomado y guantes. Los delantales, junto con los protectores de tiroides, son los elementos principales de protección para los trabajadores de cardiología intervencionista.

Los nuevos materiales compuestos reducen el peso en torno a un 30% respecto al vinilo de plomo de espesor equivalente. Los espesores equivalentes de plomo varían desde 0,25 a 0,5 mm. Un buen compromiso entre la protección y el peso del delantal es de 0,35 mm con superposición en la parte anterior, lo que permite disponer del doble de espesor equivalente. Los delantales deberán estar individualizados para mejorar la ergonomía y facilitar una protección óptima. Esto es particularmente importante para las trabajadoras para garantizar una protección adecuada del tejido lateral y axilar de la mama.

Además del blindaje estructural de la propia sala, es necesario disponer de elementos de blindaje adicionales como las mamparas, bien sea suspendidas del techo, bien sean rodantes. Las mamparas de protección deben estar disponibles tanto para el cardiólogo intervencionista como para el cardiólogo de imagen⁸.

Otros elementos de protección de posible utilización son los paños protectores desechables y los guantes plomados de tipo quirúrgico. Los paños protectores desechables pueden reducir la dosis que recibe el personal, pero solo deberían utilizarse cuando no interfieran en la aplicación clínica.

Los guantes plomados de tipo quirúrgico reducen la dosis entre un 30 y un 40% frente al haz disperso, pero disminuyen la sensibilidad de las manos. Además, ofrecen muy poca protección si las manos se posicionan en el haz directo (lo que no debería hacerse), lo cual produce un aumento de la dosis debido al funcionamiento del control automático de la dosis del equipo de rayos X. Debido a su falsa sensación de seguridad, no se recomienda su uso generalizado¹.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), en su revisión de reacciones de los tejidos⁹, recomendó una reducción significativa del límite de dosis al cristalino, que se trasladó a la legislación de la Unión Europea en la Directiva 2013/59/EURATOM¹⁰, lo que resalta la importancia de utilizar protección ocular y monitorizar la dosis en el cristalino. La misma ICRP generó en 2018 un documento de recomendaciones en protección radiológica de procedimientos intervencionistas¹¹. Las mamparas de techo y de suelo pueden ofrecer una protección suficiente al personal que permanece tras ellas, mientras que las gafas de cristal plomado son una alternativa para el resto del personal que permanece en la sala. Lo habitual es que tengan espesores equivalentes a 0,5 mm de plomo y deben ofrecer suficiente protección lateral.

Para controlar las dosis que reciben los pacientes y, además, contribuir a la reducción de dosis al personal, los equipos de rayos X para las intervenciones disponen de dispositivos medidores de los indicadores dosimétricos con capacidad de transferir dicha información al registro de dosis de los pacientes. Como mínimo, se debería registrar el producto dosis/área (Gy/cm^2), el kerma en aire

en el punto de referencia de la intervención (Gy) y el tiempo de fluoroscopia.

Dado que en la adquisición de imágenes la tasa de dosis es sustancialmente más alta que durante la fluoroscopia, además de minimizar el tiempo de fluoroscopia, se deberá utilizar el menor número de imágenes por segundo que permita alcanzar el objetivo clínico.

Otros elementos que contribuyen a la reducción de dosis son el correcto posicionamiento del tubo de rayos X y el sistema de imagen respecto al paciente, el uso de la colimación, la posición del personal dentro de la sala en la zona de baja radiación dispersa y la formación del personal en materia de protección radiológica (curso de primer y segundo nivel de intervencionismo).

Por último, es relevante que el personal maximice la distancia de la fuente de rayos X, ya que la intensidad de la radiación sigue la ley del cuadrado inverso: incrementar la distancia 40–80 cm reduce 4 veces la intensidad de la radiación.

ASPECTOS DE LA RADIOPROTECCIÓN PARTICULARES DEL ECOCARDIOGRAFISTA INTERVENCIONISTA

La principal particularidad del ecografista intervencionista en cuanto a radioprotección es su ubicación próxima a la fuente de radiación. La posición es diferente según la idiosincrasia del centro y del procedimiento a realizar. Con base en el potencial riesgo de irradiación, los procedimientos se pueden dividir en 3 grupos:

1. Procedimientos con valoración transtorácica final: TAVI.
2. Procedimientos con guía transesofágica y fluoroscopia principalmente en posición anteroposterior (AP) o en proyecciones oblicuas no forzadas ($< 30^\circ$). En este grupo incluiríamos los siguientes procedimientos:
 - Cierre de defectos septales.
 - Valvuloplastia mitral.
 - Cierre de orejuela izquierda.
 - Cierre de defectos periprotésicos.
 - Reparaciones percutáneas mitral borde-a-borde y tricuspídea.
3. Procedimientos con guía transesofágica y fluoroscopia con proyecciones oblicuas forzadas. En este grupo se incluirían, por ejemplo, la reparación percutánea con anillo tipo Cardioband o el implante percutáneo de algunas prótesis diferente de la válvula aórtica.

Procedimientos con guía transtorácica puntual: TAVI

Los procedimientos de TAVI llevan más de 20 años de recorrido. A medida que se avanza en experiencia, se reduce en complejidad, y eso ha motivado que muchos centros efectúen el TAVI solo con fluoroscopia, y el ecografista intervencionista puede ubicarse fuera

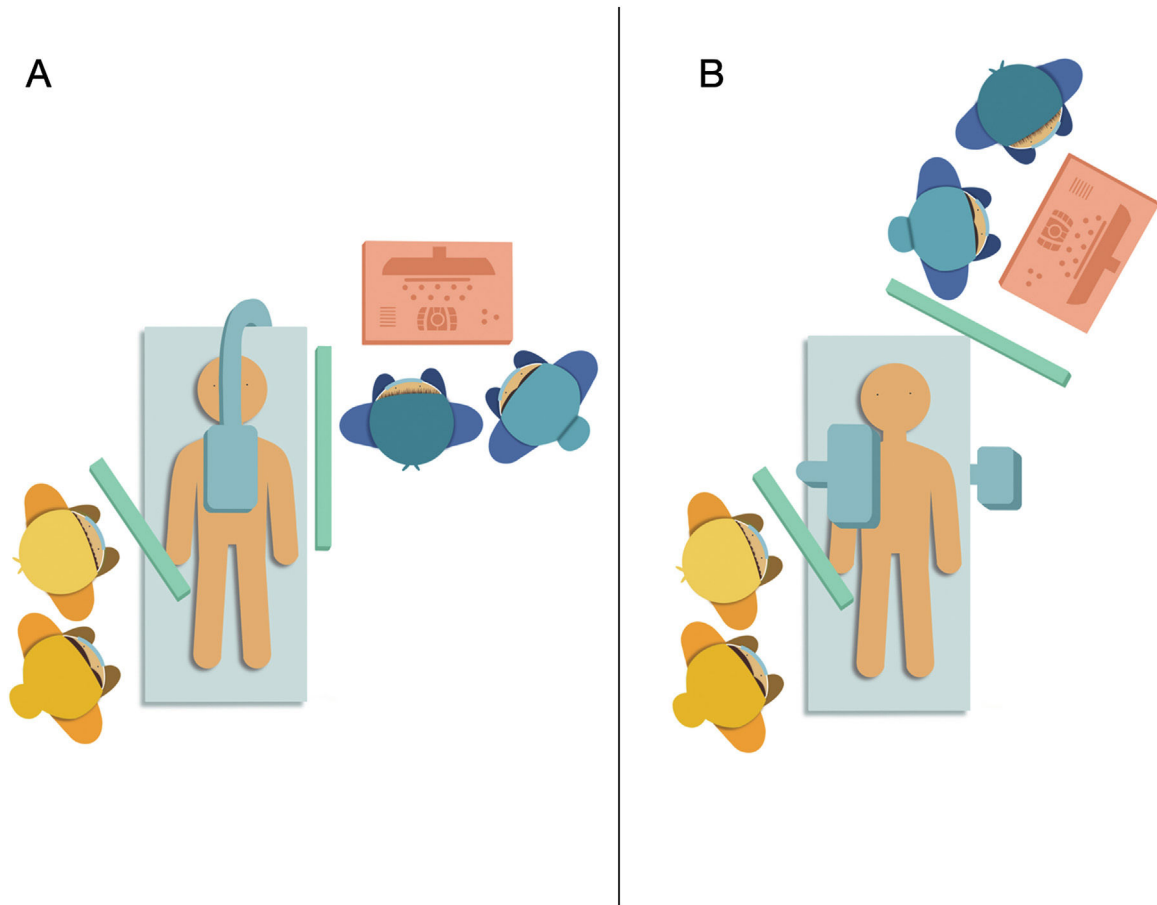


Figura 2. Posiciones del ecocardiografista intervencionista en la sala de hemodinámica. En procedimientos con proyecciones oblicuas no forzadas, el ecocardiografista intervencionista puede ubicarse al costado del paciente (A). Sin embargo, en procedimientos con movimientos constantes del tubo tipo Cardioband (Edwards Lifesciences, Estados Unidos), es posible trabajar con mayor comodidad cambiando la posición del arco de fluoroscopia y del ecógrafo (B). Elaboración: Helena Capellades.

de la sala y ser requerido para evaluar el resultado al final del procedimiento. Estos procedimientos no necesitan un sistema de radioprotección especial y representan los procedimientos con menor riesgo de irradiación.

Procedimientos con guía transesofágica y fluoroscopia principalmente en proyecciones anteroposteriores u oblicuas no forzadas

Este formato representa la mayoría de los procedimientos de intervención estructural. La posición habitual del ecografista intervencionista es al costado del paciente (derecha o izquierda) durante todo el procedimiento y la fluoroscopia puede mantenerse la mayor parte del tiempo en posición AP u oblicua no forzada, lo que evita la colisión con el ecocardiografista. Procedimientos de varias horas, tales como la reparación borde-a-borde de la válvula tricúspide, presentan un riesgo de irradiación alto en ausencia de una pantalla protectora. Además, en estos casos se necesitan cambios frecuentes de la sonda a posición gástrica y esofágica. En procedimientos menos complejos (p. ej., cierre de defectos septales), el riesgo de irradiación desciende significativamente.

Un factor que puede reducir significativamente el uso de fluoroscopia son los sistemas de econavegación. Estos superponen la imagen ecográfica con la fluoroscopia y aumentan la información anatómica, lo que reduce la necesidad de usar cines para tener mayor detalle radiológico, como se ha demostrado en pacientes con cardiopatías congénitas¹².

Procedimientos con guía transesofágica y fluoroscopia con proyecciones forzadas: procedimientos percutáneos con anillo tipo Cardioband

El implante percutáneo de anillo tipo Cardioband (Edwards Lifesciences, Estados Unidos) para el tratamiento de la insuficiencia tricúspide es un tipo de reparación poco extendida (representa el 14% de los procedimientos percutáneos de la tricúspide, según los datos del registro TriValve)¹³. Los centros acostumbran iniciar el programa con la posición del ecografista intervencionista al costado del paciente. Son procedimientos largos, de varias horas de duración, con una importante dosis de fluoroscopia, ya que hay angiografías coronarias frecuentes para valorar la interferencia del dispositivo con la arteria coronaria. Pueden representar un riesgo de irradiación muy alto si no se emplea pantalla protectora, y cuando se utiliza puede suponer un riesgo alto por la constante colisión del tubo de fluoroscopia con la pantalla, lo que hace que finalmente se desista de emplearla. En estos procedimientos resulta útil cambiar la posición de la fluoroscopia y del ecografista intervencionista para evitar la constante colisión y optimizar la protección radiológica (figura 2).

RESUMEN DE LAS RECOMENDACIONES

En la [tabla 2](#) se resumen las recomendaciones para la protección radiológica del/la ecocardiografista intervencionista.

Tabla 2

Recomendaciones para la protección radiológica del ecocardiografista intervencionista

<i>Monitorización de la exposición</i>
• Utilizar como mínimo 2 dosímetros personales, uno colocado debajo del delantal plomado y el otro por encima a nivel del cuello o del cristalino • Se recomienda el uso de dosímetro de muñeca o anillo • Los dosímetros deben ubicarse en la zona del cuerpo más próxima al rayo • Observar la dosis mensual y, en caso de dudas, consultar con los responsables de la protección radiológica de su hospital • En caso de gestación, las condiciones laborales deben asegurar al feto una dosis equivalente <1 mSv durante el embarazo • Registrar en el informe del procedimiento la dosis recibida por el paciente
<i>Formación</i>
• Recibir formación en protección radiológica (cursos de primer y segundo nivel de intervencionismo)
<i>Material de protección radiológica</i>
• Utilizar siempre delantales plomados, de preferencia de 2 piezas cruzadas al frente (equivalente a un espesor de plomo > 0,5 mm), para equilibrar el peso y duplicar la protección en la parte delantera. Los delantales individualizados mejoran la ergometría y optimizan la protección • Utilizar siempre protector de tiroides que cubra la laringe • Trabajar con mamparas de protección (espesor equivalente > 1 mm de plomo) • Las gafas plomadas están recomendadas en general y son obligatorias en ausencia de mampara protectora • Los guantes plomados no se recomiendan en general
<i>Consejos para minimizar la exposición</i>
• Nunca poner las manos en el haz de rayos X • Trabajar con la mesa lo más alta posible y utilizar el intensificador de imágenes o panel digital plano lo más cercano posible al tórax del paciente • Evitar, en lo posible, el uso de proyecciones oblicuas • Dar un paso atrás en el momento de la filmación

CONCLUSIONES

Los procedimientos de cardiología intervencionista deben realizarse en un ambiente radiológicamente seguro tanto para el paciente como para el personal sanitario involucrado. La encuesta nacional a este respecto pone de manifiesto que la radioprotección del ecocardiografista intervencionista es con frecuencia deficitaria. Estas recomendaciones, primeras en el mundo, destacan la importancia de completar una formación en radioprotección y disponer de material de radioprotección adecuado y dosímetros para incrementar la seguridad del ecocardiografista intervencionista.

FINANCIACIÓN

Este trabajo no ha contado con financiación.

CONFLICTO DE INTERESES

No hay conflictos de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Helena Capellades su colaboración artística.

BIBLIOGRAFÍA

- Durán A, Hian SK, Miller DL, Le Heron J, Padovani R, Vano E. Recommendations for occupational radiation protection in interventional cardiology. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2013;82:29–42.
- Moreno R, Ojeda S, Romaguera R, et al. Update on requirements and equipment in interventional cardiology. *REC Interv Cardiol.* 2021;3:33–44.
- Salaun E, Carles S, Bigand E, et al. High Radiation Exposure of the Imaging Specialist During Structural Heart Interventions with Echocardiographic Guidance. *JACC Cardiovasc Interv.* 2017;10:626–627.
- McNamara DA, Chopra R, Decker JM, et al. Comparison of Radiation Exposure Among Interventional Echocardiographers, Interventional Cardiologists, and Sonographers During Percutaneous Structural Heart Interventions. *JAMA Netw Open.* 2022;5:e2220597.
- Crowhurst JA, Scalia GM, Whitby M, et al. Radiation Exposure of Operators Performing Transesophageal Echocardiography During Percutaneous Structural Cardiac Interventions. *J Am Coll Cardiol.* 2018;71:1246–1254.
- Harrison JD, Balonov M, Bochud F, et al. ICRP Publication 147: Use of Dose Quantities in Radiological Protection. *Ann ICRP.* 2021;50:9–82.
- España. Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes, núm. 305, de 21 de diciembre de 2022. [consultado 23 Jun 23]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/12/20/1029>.
- Corrigan FE, Hall MJ, Iturbe JM, et al. Radioprotective strategies for interventional echocardiographers during structural heart interventions. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2019;93:356–361.
- Clement CH, Stewart FA, Akleyev AV, et al. ICRP PUBLICATION 118: ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs — Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. *Ann ICRP.* 2012;41:1–322.
- European Union. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom, Document 32013L0059. [consultado 23 Jun 23]. Disponible en: <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/59/oj>.
- López PO, Dauer LT, Loose R, et al. ICRP Publication 139: Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures. *Ann ICRP.* 2018;47:1–118.
- Jone PN, Ross MM, Bracken JA, Mulvahill MJ, Di Maria MV, Fagan TE. Feasibility and Safety of Using a Fused Echocardiography/Fluoroscopy Imaging System in Patients with Congenital Heart Disease. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016;29:513–521.
- Taramasso M, Alessandrini H, Latib A, et al. Outcomes After Current Transcatheter Tricuspid Valve Intervention: Mid-Term Results from the International TriValve Registry. *JACC Cardiovasc Interv.* 2019;12:155–165.