



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2024,
Volumen 8, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3

**GUÍA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA
PERSONAL DE SALUD EXPUESTO A RADIACIÓN
IONIZANTE EN HEMODINAMIA**

**RADIOLOGICAL PROTECTION GUIDE FOR HEALTH
PERSONNEL EXPOSED TO IONIZING RADIATION IN
HEMODYNAMICS**

Santiago A. Correa-Polo

Fundación Universitaria Navarra, Colombia

Luis Á. Quintero-Joven

Fundación Universitaria Navarra, Colombia

Rober A. Liscano-Cuellar

Fundación Universitaria Navarra, Colombia

Yenssy D. Díaz-Rodríguez

Fundación Universitaria Navarra, Colombia

Laura T. Artunduaga Montealegre

Fundación Universitaria Navarra, Colombia

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11873

Guía de Protección Radiológica para Personal de Salud Expuesto a Radiación Ionizante en Hemodinamia

Santiago A. Correa-Polo¹Santiago.correa@uninavarra.edu.coEstudiante de Tecnología en Radiología
e Imágenes Diagnósticas
Fundación Universitaria Navarra. UNINAVARRA
Colombia**Luis Á. Quintero-Joven**Estudiante de Tecnología en Radiología
e Imágenes Diagnósticas
Fundación Universitaria Navarra. UNINAVARRA
Colombia**Rober A. Liscano-Cuellar**Estudiante de Tecnología en Radiología
e Imágenes Diagnósticas
Fundación Universitaria Navarra. UNINAVARRA
Colombia**Yenssy D. Díaz-Rodríguez**Estudiante de Tecnología en Radiología
e Imágenes Diagnósticas
Fundación Universitaria Navarra. UNINAVARRA
Colombia**Laura T. Artunduaga Montealegre**Tecnóloga en Radiología
e Imágenes Diagnósticas
Fundación Universitaria Navarra. UNINAVARRA
Colombia

RESUMEN

El aumento en el uso de la radiología en hemodinamia, esencial para diagnósticos y tratamientos cardiovasculares, plantea desafíos significativos en cuanto a protección radiológica. Esto es especialmente crítico para el personal de salud debido a su exposición constante a radiación ionizante. La variabilidad en la adopción de prácticas de seguridad radiológica resalta la necesidad urgente de estandarizar medidas y mejorar la formación en este ámbito. Objetivo: Desarrollar una guía de protección radiológica para el mejoramiento de las prácticas de seguridad en personal de salud expuesto a radiación ionizante en una sala de hemodinamia. Metodología: estudio documental y descriptivo, centrado en la revisión y análisis de la literatura existente sobre protección radiológica en hemodinamia, con el objetivo de desarrollar una guía que mejore la seguridad del personal de salud expuesto a radiación ionizante. Resultados: La guía de protección radiológica ofrece recomendaciones específicas para el personal de salud en salas de hemodinamia, enfatizando la optimización del equipamiento, el uso adecuado de protección personal y la implementación de procedimientos que reduzcan la exposición radiológica. Conclusiones: La guía desarrollada establece un marco sólido para mejorar la seguridad radiológica del personal de salud en salas de hemodinamia, mediante prácticas optimizadas como el uso adecuado de equipos de protección y estrategias de minimización de dosis. Aunque aún no ha sido implementada, la guía tiene el potencial de fortalecer la cultura de seguridad y concienciar sobre la importancia de la protección radiológica.

Palabras clave: radiación ionizante, protección radiológica, personal de salud, radiología intervencionista

¹ Autor principal

Correspondencia: Santiago.correa@uninavarra.edu.co.

Radiological Protection Guide for Health Personnel Exposed to Ionizing Radiation in Hemodynamics

ABSTRACT

The increase in the use of radiology in hemodynamics, essential for cardiovascular diagnostics and treatments, poses significant challenges regarding radiological protection. This is especially critical for healthcare personnel due to their constant exposure to ionizing radiation. The variability in the adoption of radiological safety practices underscores the urgent need to standardize measures and improve training in this area. Objective: To develop a radiological protection guide to improve safety practices for healthcare personnel exposed to ionizing radiation in a hemodynamics room. Methodology: A documentary and descriptive study focused on reviewing and analyzing existing literature on radiological protection in hemodynamics, with the aim of developing a guide to improve the safety of healthcare personnel exposed to ionizing radiation. Results: The radiological protection guide offers specific recommendations for healthcare personnel in hemodynamics rooms, emphasizing equipment optimization, appropriate use of personal protection, and the implementation of procedures that reduce radiological exposure. Conclusions: The developed guide establishes a solid framework to improve the radiological safety of healthcare personnel in hemodynamics rooms, through optimized practices such as the appropriate use of protective equipment and dose minimization strategies. Although not yet implemented, the guide has the potential to strengthen the safety culture and raise awareness about the importance of radiological protection.

Keywords: radiation, ionizing, radiation protection, health personnel, radiology, interventional

Artículo recibido 22 mayo 2024

Aceptado para publicación: 25 junio 2024



INTRODUCCIÓN

El uso de la radiología ha crecido significativamente en las últimas décadas, convirtiéndose en una herramienta indispensable para el diagnóstico y tratamiento de patologías cardiovasculares (1). La hemodinamia permite estudiar el movimiento de la sangre a través del sistema cardiovascular (2), y los procedimientos realizados en salas de hemodinamia, que implican la manipulación de catéteres bajo visualización radiológica, son fundamentales para tratar enfermedades como estenosis arteriales y aneurismas con mínima invasión y alta precisión (3). El equipo de angiografía utilizado en estos procedimientos emplea rayos X en tiempo real para guiar el movimiento de los dispositivos médicos dentro del cuerpo del paciente (4).

La integración de avances tecnológicos en radiología ha mejorado significativamente la capacidad diagnóstica y terapéutica, pero también ha planteado desafíos en términos de protección radiológica (5). El uso intensivo de radiación ionizante en estas técnicas representa un riesgo tanto para los pacientes como para el personal de salud (6). La exposición del personal a la radiación es significativa debido a su proximidad al equipo de rayos X y al paciente durante los procedimientos, que pueden durar de 60 a 200 minutos diarios en laboratorios de hemodinámica, comparado con los 2 a 4 minutos en radiología convencional (7). Esta exposición acumulada puede incrementar el riesgo de efectos adversos como cataratas y cáncer, a pesar de las medidas de protección existentes (8).

A pesar de las normativas y recomendaciones internacionales, la implementación de prácticas de protección radiológica varía significativamente y, en muchos casos, es insuficiente (9–11). Un estudio en Sudamérica reveló que, aunque el uso de delantales y collares de plomo es casi universal, otros elementos de protección como gafas plomadas y gorros tienen tasas de uso significativamente más bajas (12). En Colombia, se ha observado que un porcentaje considerable de profesionales no utiliza elementos de protección esenciales como protectores de tiroides y lentes plomados (13). Esta falta de adherencia a las medidas de protección resalta la necesidad urgente de mejorar la educación y el cumplimiento de las normas de radioprotección para reducir los riesgos asociados a la exposición ocupacional a la radiación ionizante (14).

El presente trabajo se llevó a cabo para abordar la necesidad de mejorar las prácticas de seguridad y reducir la exposición a la radiación ionizante en el personal de salud en salas de hemodinamia. Dado el



incremento de procedimientos intervencionistas y los efectos nocivos de la radiación sobre el personal (15), este proyecto buscó optimizar las prácticas de seguridad mediante el desarrollo de una guía específica para el uso de elementos de protección radiológica plomados.

El estudio tuvo como objetivo principal desarrollar una guía de protección radiológica para mejorar las prácticas de seguridad del personal de salud expuesto a radiación ionizante en una sala de hemodinamia. Los objetivos específicos incluyeron documentar búsquedas bibliográficas útiles en la protección radiológica en salas de hemodinamia, describir las prácticas de protección radiológica adecuadas para el personal de salud ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes, y formular recomendaciones específicas en la guía de protección radiológica para dicho personal.

El vacío de conocimiento existente radicaba en la falta de guías específicas y la variabilidad en la implementación de normativas de protección radiológica en salas de hemodinamia. A pesar de la existencia de normativas internacionales, su aplicación era inconsistente, lo que subrayaba la necesidad de un recurso que estandarizara las prácticas de seguridad y promoviera una cultura de protección radiológica. Este proyecto llenó este vacío mediante la elaboración de una guía innovadora que documentó las principales fuentes de exposición y los riesgos asociados, además de educar al personal sobre el uso adecuado de los elementos de protección, basándose en normativas y recomendaciones actuales. Al promover prácticas seguras y una cultura de seguridad mejorada, esta guía tiene el potencial de impactar positivamente tanto en la salud del personal de salud como en la calidad del sistema sanitario en general, asegurando ambientes de trabajo más seguros y eficientes y fomentando la adopción de prácticas responsables en el uso de tecnología avanzada en radiología.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio documental y descriptivo se centró en la revisión de la literatura existente para compilar y analizar información relevante sobre protección radiológica en salas de hemodinamia, utilizando un enfoque cualitativo para comprender y sintetizar normativas, recomendaciones y prácticas actuales. Se empleó un análisis documental detallado, revisando documentos de bases de datos académicas como PubMed, SciELO y Dialnet, así como repositorios digitales y páginas web de organismos reguladores internacionales como la ICRP y la IAEA, con especial atención a publicaciones de los últimos diez años y estudios fundamentales en la evolución de las prácticas de protección radiológica.



El análisis cualitativo de contenido se realizó mediante la codificación temática y la organización de los datos. Este proceso incluyó codificación inicial, categorización, triangulación de datos y síntesis de recomendaciones, permitiendo una comprensión profunda de la protección radiológica en salas de hemodinamia y fundamentando el desarrollo de la guía propuesta. Partiendo de ello, se elaboró la guía, definiendo claramente los objetivos, se revisaron contenidos actuales basados en el análisis documental, se estructuró el documento, se redactaron los contenidos de manera clara y precisa, y se publicó y difundió el documento final.

Los aspectos éticos del presente trabajo, se basaron en el cumplimiento de la Resolución 8430 de 1993 que lo categoriza como sin riesgo y la Ley 911 de 2004, centrado en una revisión documental sin involucrar a personas, evitando así cualquier impacto físico o emocional. Al no requerir la recopilación de datos primarios, no fue necesario obtener consentimiento informado. Se respetaron principios éticos y bioéticos como el reconocimiento de la autoría, la transparencia, la honestidad y el compromiso con la veracidad de las fuentes. Además, se aseguró el acceso equitativo a la información y recursos, se gestionó el uso adecuado de logos institucionales y se declaró la ausencia de conflictos de interés.

RESULTADOS

Para desarrollar la guía de protección radiológica destinada a mejorar la seguridad del personal de salud en salas de hemodinamia, se llevó a cabo una revisión de la literatura utilizando términos específicos y combinaciones como "radiation protection guide" y "hemodynamics". Se exploraron múltiples bases de datos científicas y técnicas, incluyendo PubMed, SciELO, Dialnet, y repositorios digitales en Colombia, además de manuales y documentos de organismos internacionales como la ICRP y la IAEA. De los 635 registros inicialmente revisados, 300 se consideraron relevantes y, tras una evaluación exhaustiva, se preseleccionaron 143, de los cuales 27 estudios y documentos cumplieron con todos los criterios de inclusión. Este proceso meticuloso aseguró que la guía estuviera fundamentada en la evidencia más actualizada y pertinente para las prácticas de protección radiológica en salas de hemodinamia.



Tabla 1. Resultados de la revisión de literatura

Base de datos	Búsqueda inicial	2014 al 2024	Acceso completo	Acorde según resumen	Seleccionados
PubMed	561	258	110	15	14
SciELO	10	0	0	0	1
Dialnet	19	17	9	1	0
Repositorios digitales (Colombia)	20	10	10	5	1
Manuales de radio protección	5	5	4	4	4
Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)	10	5	5	3	2
Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA)	10	5	5	4	4
Total	635	300	143	32	27

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se integró cuidadosamente la normativa colombiana, destacando la Resolución 482 de 2018 del Ministerio de Salud y Protección Social, la Circular 29 de 2018 y varios ABECÉ, asegurando que la guía cumpla con los requisitos legales y las expectativas de la comunidad médica y reguladora en Colombia. Este proceso meticuloso garantizó que la guía estuviera fundamentada en la evidencia más actualizada y pertinente para las prácticas de protección radiológica en salas de hemodinamia.

Prácticas de protección radiológica adecuadas para el personal de salud ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes, en las salas de hemodinamia

Tecnología y eficacia de los dispositivos de protección

Prácticas de protección

La dosimetría es fundamental en las salas de hemodinamia para garantizar la seguridad del personal durante procedimientos que implican exposición a radiaciones ionizantes. Andrade et al., (16) de la Agencia Internacional de Energía Atómica destacan que el uso de dosímetros con tecnología OSL en tiempo real es crucial para evaluar con precisión las dosis recibidas, especialmente en áreas críticas como el tórax y extremidades. Esta tecnología permite una monitorización continua, ofreciendo beneficios en seguridad y formación al permitir a los profesionales visualizar su exposición radiológica en tiempo real y ajustar sus acciones para minimizar la exposición (16). La implementación de



dosímetros OSL en hemodinamia permite una monitorización individualizada, una educación continua sobre prácticas de seguridad radiológica, optimización de procedimientos, desarrollo de políticas de seguridad y reducción de riesgos a largo plazo (16).

Bouce et al., (17) de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) proporcionan directrices actualizadas que enfatizan la justificación y optimización de la protección radiológica. Cada uso de radiación debe ser justificado para asegurar que los beneficios superen los riesgos, y la optimización continua de las técnicas debe mantener las dosis tan bajas como sea razonablemente posible. Esto incluye el uso de barreras físicas, dispositivos de protección personal y ajustes en los parámetros de los dispositivos de fluoroscopia para minimizar la exposición sin comprometer la calidad de las imágenes (17). Medeiros et al., (18) también subrayan la importancia de minimizar la dosis de radiación mediante el uso adecuado de EPIs y la optimización de técnicas de imagen.

La Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) (19) ha trabajado en mejorar las prácticas de protección radiológica en cardiología intervencionista mediante materiales educativos y directrices detalladas para el uso de tecnología adecuada, equipos de protección personal y estrategias organizacionales, asegurando la minimización de la exposición radiológica para el personal de salud.

Uso de equipos de protección personal: La Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) (19) destaca la importancia del uso de equipos de protección personal para reducir la exposición a la radiación ionizante. Los equipos recomendados incluyen delantales de plomo, que pueden ser de cuerpo entero o divididos en falda y chaleco para distribuir el peso y reducir la fatiga, protectores tiroideos de plomo para proteger la glándula tiroidea de la radiación dispersa, y gafas plomadas para proteger los ojos, ya que el cristalino es muy sensible a la radiación y propenso a desarrollar cataratas.

Tecnologías de dosimetría avanzada: La IAEA (19) resalta el uso de tecnología avanzada en dosimetría para monitorizar la exposición a la radiación de manera precisa. Los dosímetros personales son esenciales para que el personal monitorice la dosis de radiación en tiempo real durante los procedimientos, y los dosímetros en anillo son recomendados para medir la exposición directa a la radiación en las manos durante los procedimientos donde estas están cerca del campo de radiación.

Configuración y diseño del área de trabajo: El diseño y la configuración del área de trabajo son cruciales para la protección radiológica. La IAEA (19) recomienda la instalación de barreras de protección como



mamparas y cortinas plomadas, que se pueden mover para proteger contra la radiación dispersa. Además, es esencial el posicionamiento estratégico del equipo, asegurando que los tubos de rayos X y otros emisores de radiación minimicen la exposición al personal sin comprometer la calidad del procedimiento.

Capacitación y educación continua: La IAEA (19) subraya la necesidad de capacitación continua en protección radiológica. Esto incluye entrenamiento regular sobre el uso adecuado de los EPIs y técnicas de minimización de la radiación, como el ajuste de los parámetros del equipo de fluoroscopia y la utilización de técnicas de imagen que requieren menos radiación.

Evaluación de dispositivos específicos

En la protección radiológica en salas de hemodinamia, evaluar dispositivos específicos es esencial para la seguridad del personal de salud expuesto a radiación ionizante. Domienik et al., (20) destacan el sistema Zero-Gravity™, que reduce significativamente la radiación en áreas críticas como los ojos y el tórax, aunque no protege adecuadamente manos y antebrazos. Larsson et al., (21) introducen protectores como el protector tiroideo extendido, eficaz en la cabeza y el cuello, pero insuficiente por sí solo, sugiriendo la necesidad de integración con otras soluciones.

Grabowicz et al., (22), Cheon et al., (23) y Biso et al., (24) enfatizan la protección de la tiroides y la cabeza, y el uso adecuado de cortinas de plomo montadas, cruciales para minimizar la exposición durante procedimientos intervencionistas. Además, Grabowicz et al., (25) analizan la efectividad de los gorros libres de plomo, que reducen la radiación en la piel de la cabeza, aunque no protegen completamente el cerebro, resaltando la necesidad de mejoras.

Akahane et al., (26) subrayan la importancia del entrenamiento en el uso adecuado de protectores montados para minimizar la exposición ocular, mientras que König et al., (27) avanzan en la integración de tecnologías de dosimetría en tiempo real con dispositivos de protección personal, mejorando el monitoreo y la gestión de la exposición radiológica.

Estos estudios muestran la importancia de la innovación tecnológica y la educación continua en protección radiológica. La eficacia variable de los dispositivos actuales indica la necesidad de desarrollar soluciones integradas que protejan todas las áreas vulnerables del cuerpo, mejorando la

ergonomía y la comodidad para optimizar la protección y la calidad del trabajo en entornos de alto riesgo radiológico.

Innovaciones y desarrollos tecnológicos

Las investigaciones en protección radiológica en hemodinamia buscan no solo probar nuevas soluciones tecnológicas, sino también establecer estándares más altos en la práctica. Estas se centran en la implementación de tecnologías avanzadas, como la dosimetría en tiempo real y los sistemas de control de calidad en equipos, esenciales para adaptar los entornos médicos a los avances tecnológicos y los procedimientos complejos.

La subcategoría de innovaciones y desarrollos tecnológicos aborda desde la implementación de protocolos de seguimiento hasta la introducción de nuevas tecnologías de dosimetría, destacando la evolución en la monitorización y minimización de los riesgos radiológicos. Ko et al., (28) realizan un estudio prospectivo en Corea que correlaciona la exposición radiológica con efectos a largo plazo en la salud, utilizando análisis de prácticas laborales y biomarcadores de exposición, proporcionando un marco robusto para la monitorización y prácticas más seguras. Barrios (29) se enfoca en la determinación de niveles de referencia de dosis en procedimientos comunes en salas de hemodinamia, facilitando la implementación de sistemas de alerta de dosis acumulada para prevenir lesiones cutáneas por radiación y optimizar prácticas basadas en evidencia cuantificable.

Estos estudios subrayan una tendencia hacia la innovación tecnológica aplicada en la protección radiológica, donde cada avance no solo busca reducir la exposición a la radiación, sino también entender y gestionar sus efectos a largo plazo. Desde el desarrollo de protocolos de seguimiento exhaustivo hasta la implementación de tecnologías de monitorización en tiempo real, estas innovaciones representan un paso crucial en la protección del personal de salud, asegurando que las prácticas de seguridad radiológica sean tanto proactivas como preventivas.

Formación, concienciación y cultura de seguridad

Impacto de la formación y mensajes educativos

Esta subcategoría se enfoca en cómo la formación y los mensajes educativos influyen en la adopción y práctica de medidas de protección radiológica en salas de hemodinamia. Diversos estudios examinan la



eficacia de las estrategias educativas para mejorar la conciencia y el comportamiento en cuanto a la seguridad radiológica.

Uthirapathy et al., (30) y Lumbreras et al., (31) destacan deficiencias en el conocimiento y la práctica de la seguridad radiológica entre cardiólogos y clínicos, señalando la variabilidad en el uso del equipo de protección personal y la urgente necesidad de mejorar la educación para una aplicación consistente y efectiva de estas prácticas. Hammami et al., (32) también resaltan diferencias geográficas en el conocimiento y las prácticas de seguridad radiológica, subrayando los desafíos que enfrentan los cardiólogos en Túnez debido a la falta de formación adecuada. Esto enfatiza la necesidad de programas de formación adaptados a contextos específicos para mejorar tanto el conocimiento como las prácticas de protección radiológica.

Roberts et al., (33) investigan cómo la capacitación especializada en protección radiológica puede mejorar la implementación de cabinas de protección, mostrando una reducción significativa de la exposición en comparación con métodos tradicionales. Young et al., (34) demuestran que mensajes educativos breves pueden mejorar significativamente la conciencia sobre los riesgos de la radiación, resultando en una mejor estimación de los riesgos asociados con los procedimientos de imagen.

Merwe (35) analiza la implementación de una cultura de seguridad radiológica durante procedimientos cardiovasculares intervencionistas, enfocándose en los principios de distancia, tiempo y blindaje. Este estudio identifica deficiencias en el uso y manejo de dispositivos de protección personal y otras medidas de seguridad, sugiriendo mejoras en las prácticas de monitoreo de dosis radiológica, especialmente para áreas críticas como los ojos y las manos. Además, subraya la importancia de adherirse a una cultura de seguridad radiológica rigurosa para minimizar los riesgos asociados con la exposición a radiaciones ionizantes.

Medeiros et al., (18) ofrecen una perspectiva integral desde un equipo multidisciplinario, abogando por una optimización continua de la radiación, el uso adecuado de EPIs y la formación continua para mantener un entorno laboral seguro. Este enfoque educativo mantiene al personal actualizado sobre las últimas tecnologías y normativas de seguridad, promoviendo una cultura de seguridad en el lugar de trabajo donde todos los miembros del equipo están conscientes de los riesgos asociados con la radiación y comprometidos con su minimización.



En conjunto, estos estudios subrayan la importancia crucial de la formación y los mensajes educativos en la mejora de la seguridad radiológica en entornos clínicos. Al educar al personal sobre los riesgos y las medidas de mitigación, y al aplicar estos conocimientos en la práctica clínica, se puede fomentar una cultura de seguridad más fuerte y eficaz. Adaptar las estrategias educativas a las necesidades y contextos específicos del personal es clave para asegurar la adopción y mantenimiento de prácticas seguras en el uso de la radiología.

Manuales, normativas y regulaciones

Los documentos y políticas evaluados proporcionan marcos estructurados para manejar la exposición radiológica, destacando la necesidad de actualizaciones continuas y adaptaciones basadas en la evolución tecnológica y científica. Los estudios enfatizan la importancia de establecer protocolos claros y actualizados que guíen tanto a los profesionales médicos como al personal técnico en la aplicación rigurosa de medidas de protección radiológica.

Badel et al., (36) revisan exhaustivamente los aspectos fundamentales de la radiación ionizante, sus efectos biológicos y las medidas de protección necesarias. Este estudio subraya la importancia de usar dispositivos de blindaje y equipos de protección personal adecuadamente, además de educar al personal de salud sobre las mejores prácticas de seguridad radiológica. La revisión es un recurso esencial para implementar efectivamente las medidas de protección y minimizar la radiación dispersa, protegiendo áreas críticas como la tiroides y los ojos.

El Hospital Regional de Chiquinquirá en Colombia (37) y un estudio en España por Fernández et al., (38) demuestran cómo manuales y procedimientos estructurados pueden mejorar significativamente la seguridad radiológica. El manual del Hospital Regional de Chiquinquirá se enfoca en el uso de equipos de protección personal, el diseño estratégico de las salas y la implementación del principio ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible). Fernández et al. destacan la importancia de la formación y concienciación del personal de enfermería, incluyendo la inducción de nuevos empleados en prácticas de protección y gestión activa de dosímetros.

Ruda et al., (39) ilustran cómo la colaboración con entidades de salud pública y la actualización continua de reglamentaciones pueden mejorar la bioseguridad en procedimientos de hemodinamia. Este estudio



enfatisa la necesidad de controles periódicos de los equipos y la adaptación de las prácticas a las normativas internacionales vigentes.

Ogino et al., (40) de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) abordan la aplicación de principios de protección radiológica, destacando la necesidad de educación continua y actualización de técnicas. Este taller resalta la importancia de utilizar dosímetros dobles y barreras físicas como pantallas suspendidas para minimizar la exposición radiológica, demostrando cómo la regulación puede guiar prácticas seguras y efectivas.

El manual del Hospital San Juan de Dios en Chile (41) proporciona una visión clara sobre la aplicación de normativas básicas de protección radiológica, insistiendo en la formación continua y el uso adecuado del equipo de protección personal. Este enfoque no solo protege a los operadores sino también a los pacientes, integrando la seguridad en cada aspecto del procedimiento intervencionista.

Estos estudios demuestran que la gestión efectiva de la protección radiológica requiere manuales detallados y regulaciones actualizadas que cubran el uso de elementos de protección y técnicas, promoviendo una cultura de seguridad a través de la educación y la adherencia a las mejores prácticas internacionales. La implementación de estas guías ayuda a crear un entorno donde la seguridad radiológica es una prioridad constante, minimizando exposiciones y asegurando que el personal esté bien informado y protegido.

Evaluación y Monitoreo de Riesgos Radiológicos

Estudios sobre los efectos de la radiación y medidas de seguimiento

Los estudios en esta subcategoría examinan los efectos de la radiación en la salud del personal médico y exploran medidas efectivas para monitorear y mitigar estos riesgos. Ko et al., (28) llevaron a cabo un estudio prospectivo en Corea que monitorea los efectos de la radiación en los trabajadores de la salud, evaluando tanto la exposición como sus impactos a largo plazo mediante biomarcadores y un análisis detallado de las prácticas laborales. Este estudio pionero subraya la importancia de los protocolos de monitoreo continuo y fomenta una cultura de seguridad y protección más robusta entre los trabajadores médicos.

En Colombia, Poveda et al., (42) se centraron en los efectos de la radiación en el cristalino de los ojos, una preocupación particular para los profesionales frecuentemente expuestos. El estudio destaca la



prevalencia de opacidades subcapsulares en el personal expuesto y sugiere el uso de lentes plomados como medida de protección, así como un diseño adecuado del entorno de trabajo que incluya la disposición de mamparas y la optimización de la geometría del equipo para minimizar la exposición a la radiación dispersa.

Un documento de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) (43) proporciona una visión integral sobre la protección radiológica, estableciendo un marco para las próximas décadas. Este documento enfatiza la necesidad de adaptar y mejorar continuamente las prácticas de protección radiológica para incluir avances tecnológicos y nuevas evidencias científicas. Resalta la importancia de equipamiento moderno, como delantales de plomo divididos y dosímetros avanzados, promoviendo prácticas más seguras y eficaces que protejan tanto al personal médico como a los pacientes.

En conjunto, estos estudios subrayan la necesidad de un enfoque proactivo hacia la evaluación de los riesgos radiológicos y la implementación de medidas de protección adecuadas. Al abordar los efectos específicos de la radiación en áreas sensibles del cuerpo y desarrollar estrategias integrales que incluyen la educación, el diseño del entorno y la tecnología de monitoreo, proporcionan una base sólida para mejorar la seguridad y el bienestar del personal de salud en entornos de alto riesgo radiológico.

Recomendaciones específicas en la guía de protección radiológica para el personal de salud ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes

Según el análisis de los estudios revisados, se recomienda la implementación de las siguientes prácticas y políticas en salas de hemodinamia para garantizar la protección efectiva del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes:

Adopción de tecnologías avanzadas en dosimetría:

- Utilizar dosímetros de tecnología OSL (Optically Stimulated Luminescence) para la monitorización en tiempo real de las dosis de radiación, proporcionando al personal una comprensión inmediata de su exposición radiológica.
- Fomentar el uso de dosímetros personales y anulares durante todos los procedimientos para asegurar una monitorización precisa de la exposición, especialmente en las manos, que están frecuentemente expuestas durante los procedimientos intervencionistas.



Uso riguroso y correcto de equipos de protección personal

- Ofrecer capacitación continua al personal sobre la importancia del uso correcto de delantales de plomo, gafas plomadas y protectores tiroideos para asegurar una protección efectiva contra la radiación.
- Realizar revisiones periódicas del estado de los EPIs y reemplazar cualquier equipo que no cumpla con los estándares de protección necesarios.

Estrategias de reducción de la exposición radiológica

- Adoptar técnicas de fluoroscopia pulsada y seleccionar adecuadamente la tasa de cuadros para minimizar la dosis de radiación sin comprometer la calidad de imagen diagnóstica.
- Reorganizar el diseño de la sala y la disposición del equipo para maximizar la distancia entre la fuente de radiación y el personal, utilizando eficazmente las barreras de protección como pantallas y cortinas plomadas.

Formación y concienciación continua

- Establecer un programa obligatorio de capacitación sobre protección radiológica para todos los nuevos empleados y sesiones de actualización anuales para el personal existente, enfocándose en las mejores prácticas y en las últimas innovaciones tecnológicas en protección radiológica.
- Desarrollar material educativo, como carteles y folletos, que resalten los riesgos de la radiación y las mejores prácticas para su mitigación, distribuyéndolos de manera visible en las áreas de trabajo.

Políticas de seguridad y normativas reguladoras

- Revisar y actualizar regularmente los manuales de procedimientos de seguridad radiológica para reflejar los avances tecnológicos y los cambios en las regulaciones internacionales.
- Implementar políticas que requieran la justificación de todos los procedimientos que impliquen exposición a radiaciones ionizantes, asegurando que los beneficios superen los riesgos asociados.

Innovación y mejora continua

- Fomentar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías de protección radiológica que proporcionen mayor eficacia y comodidad para el personal, como sistemas de protección mejorados y técnicas de imagen de baja dosis.



- Establecer colaboraciones con fabricantes de equipos y organizaciones de investigación para probar y evaluar nuevas tecnologías en entornos clínicos reales.

Implementando estas recomendaciones, las instituciones de salud pueden mejorar significativamente la protección radiológica para el personal expuesto, reduciendo los riesgos de efectos adversos a largo plazo y promoviendo un entorno laboral más seguro y consciente de los peligros asociados con la radiación ionizante.

DISCUSIÓN

Este estudio ha resultado en la creación de una guía de protección radiológica destinada a mejorar significativamente las prácticas de seguridad del personal de salud expuesto a radiación ionizante en salas de hemodinamia. La guía propone soluciones prácticas para mitigar los riesgos identificados a través de la revisión de la literatura y las prácticas actuales en hemodinamia.

Investigaciones anteriores han señalado que, aunque existen políticas y guías de protección radiológica a nivel internacional, su implementación es variable e insuficiente debido a la falta de conocimiento sobre el uso de elementos de protección (9–11). Los hallazgos de este estudio coinciden con los reportes de Zanardo et al., (11) y Shafiee et al., (10) quienes identificaron variabilidad y deficiencias en la aplicación de las medidas de protección radiológica. Estos estudios destacan que muchas guías no se aplican adecuadamente en la práctica, subrayando la necesidad de una guía clara y fácil de implementar. Además, encontraron que el conocimiento y la práctica de la protección radiológica entre los profesionales de la salud eran insuficientes, lo que resalta la importancia de una guía que simplifique y aclare los protocolos de seguridad.

La efectividad y la gestión de los programas de protección radiológica han sido ampliamente estudiadas, demostrando que la supervisión efectiva y los mecanismos de retroalimentación son esenciales para asegurar la seguridad radiológica del personal de salud. Es fundamental establecer sistemas de retroalimentación robustos que permitan identificar y corregir prácticas deficientes de manera proactiva (9). La formación regular y específica aumenta la conciencia sobre los riesgos de radiación y fomenta el uso adecuado de la protección personal. Estos esfuerzos, combinados con una supervisión rigurosa y el uso de tecnología avanzada para monitorear las exposiciones, son vitales para reducir las dosis de radiación y aumentar la protección en entornos médicos de alto riesgo (9).



La necesidad de esta guía se hace evidente ya que la implementación inadecuada de protocolos de protección puede exponer al personal de salud a riesgos significativos (44). La guía propuesta aborda esta brecha proporcionando procedimientos claros y recomendaciones basadas en evidencias actuales, facilitando su adopción en el ámbito clínico. Su implementación puede estandarizar las prácticas de seguridad radiológica en salas de hemodinamia y promover una cultura de seguridad más sólida (45). Esto es crucial para proteger la salud a largo plazo del personal. Estudios en Colombia, como los de Castañeda et al., (46) y Badel et al., (45) recomiendan a los administradores hospitalarios y a los responsables de políticas adoptar y promover estas recomendaciones activamente.

Rado (47) enfatiza la importancia del desarrollo profesional continuo, incluyendo capacitaciones en bioseguridad y protección radiológica. Su propuesta de un manual de procedimientos comprensivo busca minimizar las exposiciones radiológicas asegurando que sean tan bajas como sea razonablemente posible, alineándose con el desarrollo de esta guía al abogar por una implementación sistemática y educación continua para mejorar la seguridad y la cultura preventiva en los entornos de diagnóstico por imágenes.

Estos estudios demuestran que una gestión efectiva de la protección radiológica requiere manuales detallados y regulaciones actualizadas que cubran el uso de elementos de protección y técnicas, promoviendo una cultura de seguridad a través de la educación y la adherencia a las mejores prácticas internacionales. La implementación de estas guías ayuda a crear un entorno donde la seguridad radiológica es una prioridad constante, minimizando exposiciones y asegurando que el personal esté bien informado y protegido.

La presente investigación, fundamentada en una revisión exhaustiva de la literatura, ha permitido desarrollar una guía de protección radiológica integral y basada en evidencias, proporcionando un marco teórico robusto para su adopción en entornos clínicos. Aunque carece de un componente experimental para validar directamente su eficacia en la práctica clínica, esta metodología ha permitido abordar de manera proactiva las necesidades urgentes en la protección radiológica. Se recomienda que investigaciones futuras realicen evaluaciones prácticas de la guía para observar su aplicabilidad y efectividad en el ámbito clínico, lo cual permitirá ajustes basados en experiencias directas y reforzará la validación de las recomendaciones propuestas.



Agradecimientos

Agradecemos a la Fundación Universitaria Navarra - UNINAVARRA por su apoyo institucional, a nuestros profesores y mentores por su orientación y conocimientos, a los profesionales de la salud que compartieron su experiencia, y a los organismos internacionales como la ICRP y la IAEA por el acceso a recursos críticos. También agradecemos a nuestras familias y amigos por su paciencia y aliento durante el desarrollo de este proyecto.

Fuente de financiación

Este proyecto fue financiado íntegramente con recursos propios de los investigadores. No se contó con apoyo financiero externo ni de instituciones gubernamentales o privadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Echeverría D, Peña I, Suárez A, Cabrales J. Hemodinamia e Intervencionismo Cardiovascular: ¿evolución o revolución? Revista Colombiana de Cardiología [Internet]. 2016 [cited 2024 Feb 18];23(3). Available from:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332016000300001

Gómez Monsolú M, Pozo Marco M, Alcalá García L. Capítulo III sala de hemodinámica tema 4. Descripción de la sala. Características generales. [Internet]. Unidad de Hemodinámica. Hospital de Manises. Valencia. [cited 2024 Feb 22]. Available from:

https://enfermeriaencardiologia.com/wp-content/uploads/proced_03.pdf

Antonio Baz J, Pinar E, Albarrán A, Mauri J. Registro Español de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista. XVII Informe Oficial de la Sección de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista de la Sociedad Española de Cardiología (1990-2007). Rev Esp Cardiol. 2008 Dec;61(12):1298–314.

Radiología intervencionista. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) [Internet]. [cited 2024 Feb 18]. Available from: <https://www.iaea.org/es/temas/radiologia-intervencionista>

Rodríguez A, Martínez L, Alvarado S. Uso de nuevas tecnologías en Radiología e imágenes diagnósticas y su relación con las competencias profesionales y/o perfil de egreso del Licenciado en Radiología de Panamá y Latinoamérica en los últimos 15 años . Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2023;7(1):6762–88.



Cañón Benavides L. Exposición a radiaciones ionizantes en el personal de la salud, efectos y normatividad en Colombia. *Revista Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo* [Internet]. 2023 [cited 2024 Feb 18];5(1(6)):89-92. Available from:

<https://journal.poligran.edu.co/index.php/gsst/article/download/3626/3965/8133>

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Viena: Organismo Internacional de Energía Atómica. [cited 2024 Feb 18]. ¿Es la exposición de los cardiólogos intervencionistas a la radiación considerablemente mayor que la de los especialistas no intervencionistas? Available from: <https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes/profesionales-de-la-salud/procedimientos-intervencionistas/cardiologia/personal>

Garzón W, Aramburo J, Ortiz A, Giraldo W. Dosimetría personal y exposición ocupacional en Cardiología intervencionista. *Revista Colombiana de Cardiología* [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 18];27(S1):52–60. Available from: <https://pdf.sciencedirectassets.com/311229/1-s2.0-S0120563319X00121/1-s2.0-S0120563319301627/main.pdf?X-Amz-Security->

Othman SA. Effectiveness Management of Radiation Protection Program: A Short Review. *International Journal of Critical Studies* [Internet]. 2023 [cited 2024 Feb 18];6(3):306. Available from: <https://journals.iium.edu.my/ijcs/index.php/ijcs/article/view/306>

Shafiee M, Rashidfar R, Abdolmohammadi J, Borzoueisileh S, Salehi Z, &, Dashtian K. A study to assess the knowledge and practice of medical professionals on radiation protection in interventional radiology. *Indian Journal of Radiology and Imaging* [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 18];30(1):64–9. Available from:

https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.4103/ijri.IJRI_333_19

Zanardo M, Gerasia R, Giovannelli L, Scurto G, Cornacchione P, Cozzi A, et al. A critical appraisal of the quality of guidelines for radiation protection in interventional radiology using the AGREE II tool: A EuroAIM initiative. . *Eur J Radiol* [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 18];143. Available from: [https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X\(21\)00387-9/abstract](https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X(21)00387-9/abstract)

Avasola S, et al. Descripción de elementos de radioprotección y dosimetría en Unidades de Cardiología Intervencionista Sudamericanas: Un estudio piloto. *Revista Chilena de Cardiología* [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 18];39(2). Available from:



<https://www.scielo.cl/pdf/rhcardiol/v39n2/0718-8560-rhcardiol-39-02-105.pdf>

Durán A, Mila R. Radioprotección en Cardiología intervencionista. Revista Colombiana de Cardiología [Internet]. 2020 [cited 2024 Feb 18];27(S1):2–3. Available from:

<https://www.colegiodehemodinamia.org/images/pdf/rccar-27s1-opt.pdf>

Bonilla González M, Pinto Dueñas V. Malignidad hematológica secundaria a exposición a dosis bajas de radiación ionizante en personal de salas de hemodinamia [Internet]. [Colombia]: Universidad del Rosario; 2018 [cited 2024 Feb 18]. Available from:

<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/0dffee1f-0457-4b5d-bf24-8ea141f39c24/content>

Ávila Carrillo V. Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales. Revista San Gregorio. 2022;133–47.

Andrade M, et al. Control de calidad en equipos de hemodinámica a la luz de la Instrucción Normativa N° 91 del 27 de mayo de 2021 [Internet]. 2023 [cited 2024 Apr 24]. Available from:

https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/54/104/54104443.pdf?r=1

Boice Jr J, Cooper UJ, Lee UJ, Lochard KJ, Clarke R, Mettler Jr F, et al. Annals of the ICRP Published on behalf of the International Commission on Radiological Protection International Commission on Radiological Protection Members of the 2010-2013 Main Commission of ICRP [Internet]. 2013 [cited 2024 Apr 24]. Available from:

https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_42_1

Medeiros Borges L, Klauberg D, Huhn A, Almeida Coelho De Melo J. PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NO PROCESSO DE TRABALHO EM HEMODINÂMICA: O OLHAR DA EQUIPE MULTIDISCIPLINAR [Internet]. 2014 [cited 2024 Apr 24]. Available from:

https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/029/46029466.pdf?r=1

Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). La protección radiológica y la cardiología intervencionista. Recomendaciones para la protección del staff en fluoroscopia Página 1 de 2 Fluoroscopia Protección Radiológica del Staff [Internet]. [cited 2024 Apr 24]. Available from:

<https://www.iaea.org/es/recursos/proteccion-radiologica-de-los-pacientes/profesionales-de-la-salud/procedimientos-intervencionistas/cardiologia>



- Domienik-Andrzejewska J, Mirowski M, Jastrzębski M, Górnik T, Masiarek K, Warchoń I, et al. Occupational exposure to physicians working with a Zero-Gravity™ protection system in haemodynamic and electrophysiology labs and the assessment of its performance against a standard ceiling suspended shield. *Radiat Environ Biophys* [Internet]. 2022 May 1 [cited 2024 Apr 24];61(2):293–300. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35218403/>
- Da Silva Santos , F., & López Vargas , R. (2020). Efecto del Estrés en la Función Inmune en Pacientes con Enfermedades Autoinmunes: una Revisión de Estudios Latinoamericanos. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 1(1), 46–59. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v1i1.9>
- Larsson MEV, Jonasson PI, Apell PS, Kearney PP, Lundh CJ. Evaluation of novel radiation protection devices during radiologically guided interventions. *CVIR Endovasc* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2024 Apr 24];7(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38353904/>
- Grabowicz W, Masiarek K, Górnik T, Grycewicz T, Brodecki M, Dabin J, et al. THE EFFECT OF LEAD FREE CAP ON THE DOSES OF IONIZING RADIATION TO THE HEAD OF INTERVENTIONAL CARDIOLOGISTS WORKING IN HAEMODYNAMIC ROOM. *Int J Occup Med Environ Health* [Internet]. 2022 [cited 2024 Apr 24];35(5):549–60. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35446304/>
- Cheon BK, Kim CL, Kim KR, Kang MH, Lim JA, Woo NS, et al. Radiation safety: A focus on lead aprons and thyroid shields in interventional pain management [Internet]. Vol. 31, *Korean Journal of Pain*. Korean Pain Society; 2018 [cited 2024 Apr 24]. p. 244–52. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30310549/>
- Biso SMR, Vidovich MI. Radiation protection in the cardiac catheterization laboratory [Internet]. Vol. 12, *Journal of Thoracic Disease*. AME Publishing Company; 2020 [cited 2024 Apr 24]. p. 1648–55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32395308/>
- Grabowicz W, Masiarek K, Górnik T, Grycewicz T, Brodecki M, Dabin J, et al. THE EFFECT OF LEAD FREE CAP ON THE DOSES OF IONIZING RADIATION TO THE HEAD OF INTERVENTIONAL CARDIOLOGISTS WORKING IN HAEMODYNAMIC ROOM. *Int J Occup Med Environ Health* [Internet]. 2022 [cited 2024 Apr 24];35(5):549–60. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35446304/>



- Akahane M, Yoshioka N, Kiryu S. Radiation Protection of the Eye Lens in Fluoroscopy-guided Interventional Procedures. *Interventional Radiology* [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2024 Apr 24];7(2):44–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36196387/>
- Aguirre Chávez , J. F., Franco Gallegos , L. I., Montes Mata, K. J., Ponce de León, A. C., & Robles Hernández, G. S. I. (2024). Impacto de la actividad física en la prevención de enfermedades cardiovasculares: un análisis sistemático . *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 5(2), 274–302. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i2.136>
- König AM, Etzel R, Thomas RP, Mahnken AH. Personal Radiation Protection and Corresponding Dosimetry in Interventional Radiology: An Overview and Future Developments. *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgebenden Verfahren* [Internet]. 2019 [cited 2024 Apr 24];191(6):512–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30703826/>
- Ko S, Chung HH, Cho SB, Jin YW, Kim KP, Ha M, et al. Occupational radiation exposure and its health effects on interventional medical workers: Study protocol for a prospective cohort study. *BMJ Open* [Internet]. 2017 Dec 1 [cited 2024 Apr 24];7(12). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29248885/>
- Barrios Ruiz A. Determinación de Niveles de Referencia de dosis en Procedimientos de Hemodinamia de los Hospitales de Tec Salud [Internet]. [México]: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud - Secretaría de Salud del Estado de Nuevo León; 2019 [cited 2024 Apr 24]. Available from: https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/636211/Tesis_RER_Barrios.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Uthirapathy I, Dorairaj P, Ravi S, Somasundaram S. Knowledge and practice of radiation safety in the Catherization laboratory among Interventional Cardiologists – An online survey. *Indian Heart J* [Internet]. 2022 Sep 1 [cited 2024 Apr 24];74(5):420–3. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35970381/>
- Lumbreras B, Vilar J, González-Álvarez I, Guilabert M, Parker LA, Pastor-Valero M, et al. Evaluation of clinicians' knowledge and practices regarding medical radiological exposure: findings from

- a mixed-methods investigation (survey and qualitative study). [cited 2024 Apr 24]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27799242/>
- Hammami R, Jmaa A Ben, Bahloul A, Charfeddine S, Ellouze T, Mallek S, et al. Assessment of the practices and knowledge among cardiologists regarding radiation protection in tunisia. Pan African Medical Journal [Internet]. 2021 Mar 23 [cited 2024 Apr 24];38. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8197064/#:~:text=Conclusion,formation%20r%C3%A9gulier%20pour%20cette%20population.>
- Roberts EB, Peet DJ. Radiation protection training for cardiologists in the era of multiple imaging techniques and complex interventions [Internet]. Vol. 89, British Journal of Radiology. British Institute of Radiology; 2016 [cited 2024 Apr 24]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27504749/>
- Young B, Cranwell J, Fogarty AW, Skelly R, Sturrock N, Norwood M, et al. Evaluation of the impact of a brief educational message on clinicians' awareness of risks of ionising-radiation exposure in imaging investigations: a pilot pre-post intervention study. BMC Health Serv Res [Internet]. 2019 Nov 14 [cited 2024 Apr 24];19(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31727071/>
- Merwe B. Establishing ionising radiation safety culture during interventional cardiovascular procedures. Cardiovasc J Afr [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2024 Apr 24];32(5):271–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34405852/>
- Morales, J. C. (2023). Fostering Recycling Culture Through Playful Strategies. Revista Veritas De Difusão Científica, 4(1), 143–160. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v4i1.41>
- Badel AE, Rico-Mesa JS, Gaviria MC, Arango-Isaza D, Hernández Chica CA. Ionising radiation: A review of the topic and recommendations for using it [Internet]. Vol. 25, Revista Colombiana de Cardiología. Elsevier B.V.; 2018 [cited 2024 Apr 24]. p. 222–9. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcca/v25n3/0120-5633-rcca-25-03-00222>
- Hospital Regional de Chiquinquirá. Manual de radioprotección Hospital Regional de Chiquinquirá [Internet]. 2018 [cited 2024 Apr 24]. Available from:



<https://hospitalregionalchiquiquira.gov.co/plataforma/transparencia/2021/Manuales/Manual-de-Radio-proteccion.pdf>

Fernández Maese JM, García Aranda FJ, Gómez Fernández M, Ramírez Yáñez P, Rodríguez García AV, Sánchez Hernández EM, et al. Manual de Procedimientos de Enfermería en Hemodinámica y Cardiología Intervencionista [Internet]. 2014 [cited 2024 Apr 24]. Available from: <https://enfermeriaencardiologia.com/publicaciones/manuales/manual-de-procedimientos-de-enfermeria-en-hemodinamica-y-cardiologia-intervencionista>

Ruda D, et al. Radiobiología y protección radiológica [Internet]. 2018 [cited 2024 Apr 24]. Available from: <https://www.caci.org.ar/wp-content/uploads/2023/08/docencia-tomo1-caci.pdf>

Ogino H. Joint FMU-ICRP Workshop on Radiological Protection in Medicine INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION Joint FMU-ICRP Workshop on Radiological Protection in Medicine [Internet]. 2017. Available from: <http://www.fmu.ac.jp/univ/daigaku/campusmap.html>

Hospital San Juan De Dios. Protección Radiológica en Hemodinamia [Internet]. 2011 [cited 2024 Apr 24]. Available from: [http://www.hsjd.cl/Intranet/Calidad/Competencias%20del%20Recurso%20Humano%20\(RH\)/RH-4/4.1/Proteccion%20Radiologica%20en%20Hemodinamia.pdf](http://www.hsjd.cl/Intranet/Calidad/Competencias%20del%20Recurso%20Humano%20(RH)/RH-4/4.1/Proteccion%20Radiologica%20en%20Hemodinamia.pdf)

Poveda J, Plazas M. Elementos de protección radiológica en salas de intervencionismo. Revista Colombiana de Cardiología [Internet]. 2020 [cited 2024 Apr 24];27(S1):82–7. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-articulo-elementos-proteccion-radiologica-salas-intervencionismo-S0120563320300024>

Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). RADIATION PROTECTION IN MEDICINE Setting the Scene for the Next Decade. In 2012 [cited 2024 Apr 24]. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1663_web.pdf

Salama K, AlObireed A, AlBagawi M, AlSufayan Y, AlSerheed M. Assessment of occupational radiation exposure among medical staff in health-care facilities in the Eastern Province, Kingdom of Saudi Arabia. Indian J Occup Environ Med [Internet]. 2016 [cited 2024 Feb 22];20(1):21–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27390475/>



Badel A, Rico-Mesa J, Gaviria M, Arango-Isaza D, Hernández Chica C. Radiación ionizante: revisión de tema y recomendaciones para la práctica. *Revista Colombiana de Cardiología* [Internet]. 2018 [cited 2024 Feb 22]; Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-avance-radiacion-ionizante-revision-tema-recomendaciones-S0120563318300275>

Castañeda S, Echeverri E, Alarcón J. Efectos Secundarios en los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE) del Servicio de Radiología Intervencionista de la Clínica Medellín, Sede Occidente en la Última Década [Internet]. [Colombia]: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD); 2022 [cited 2024 Feb 23]. Available from: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44964/erendone.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Cazco Balseca, G. L. (2024). La Contaminación de las Aguas del Río “Chibunga” y el Derecho de Regeneración de la Naturaleza, en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica* , 4(1), 2516–2529. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i1.206>

Rado E. Diseño de un protocolo en radiodiagnóstico para evitar efectos biológicos en el personal de diagnóstico por imágenes en el HRL [Internet]. [Perú]: Universidad César Vallejo; 2020 [cited 2024 Feb 23]. Available from: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/46018/Gonzales_RED-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

