

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

<https://doi.org/10.35381/s.v.v9i2.4720>

Riesgos de ionización durante cirugías neurológicas y traumatológicas

Ionization risks during neurological and trauma surgeries

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza

gabrielacc36@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0009-0000-4175-7737>

Rosa del Pilar López-Ruales

pg.docenterlr@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-4181-4476>

Raúl González-Salas

ua.raulgonzalez@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-1623-3709>

Recibido: 15 de abril 2025
Revisado: 15 de mayo 2025
Aprobado: 15 de julio 2025
Publicado: 01 de agosto 2025

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

RESUMEN

Objetivos: Describir los riesgos para el personal de salud expuesto a radiación ionizante durante cirugías neurológicas y traumatológicas para proponer una guía de actualización de medidas de seguridad en el uso de prendas de protección plomada. **Método:** Investigación cualitativa, descriptiva, exploratoria y transversal mediante revisión bibliográfica documental de artículos científicos publicados entre 2019-2023, indexados en PubMed y Science Direct, utilizando la metodología PRISMA. **Resultados:** Se analizaron 18 artículos que evidenciaron riesgos significativos en ojos, tiroides, manos y gónadas. La exposición ocupacional aumenta el riesgo de cataratas, alteraciones tiroideas, lesiones cutáneas y efectos reproductivos. El conocimiento sobre principios de protección radiológica es limitado y el uso adecuado de equipos de protección plomada es deficiente. **Conclusiones:** Existen riesgos reales para los equipos médicos expuestos a radiación ionizante durante procedimientos quirúrgicos. La protección radiológica mediante el uso apropiado de equipos blindados reduce significativamente los riesgos asociados.

Descriptores: Radiación ionizante; radiología intervencionista; riesgos ocupacionales; fluoroscopia; equipo médico quirúrgico. (Fuente: DeCS).

ABSTRACT

Objectives: To describe the risks to healthcare personnel exposed to ionizing radiation during neurological and trauma surgeries to propose a guide for updating safety measures in the use of lead protective garments. **Method:** Qualitative, descriptive, exploratory, and cross-sectional research through documentary bibliographic review of scientific articles published between 2019-2023, indexed in PubMed and Science Direct, using the PRISMA methodology. **Results:** 18 articles were analyzed showing significant risks to eyes, thyroid, hands, and gonads. Occupational exposure increases the risk of cataracts, thyroid alterations, skin lesions, and reproductive effects. Knowledge about radiological protection principles is limited and appropriate use of lead protection equipment is deficient. **Conclusions:** Real risks exist for medical teams exposed to ionizing radiation during surgical procedures. Radiological protection through appropriate use of shielded equipment significantly reduces associated risks.

Descriptors: Ionizing radiation; interventional radiology; occupational risks; fluoroscope; surgical medical team. (Source: DeCS).

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

INTRODUCCIÓN

El descubrimiento de los rayos X por Röntgen en 1895 revolucionó el diagnóstico médico, abriendo el camino a múltiples aplicaciones en medicina, industria y agricultura. Los rayos X constituyen radiaciones electromagnéticas de longitud de onda corta denominadas radiación ionizante, la cual puede tener origen natural o artificial ¹.

Su uso extendido la convierte en un riesgo potencial para la salud de pacientes y personal sanitario expuesto a radiación ionizante. La evidencia demuestra que la radiación ionizante al atravesar los tejidos puede producir un aumento de radicales libres y la aparición de anomalías en el desarrollo celular, incluyendo cambios químicos en el ADN ².

Dentro de las lesiones en el ADN inducidas por radiación ionizante, la rotura de doble cadena es la que mayormente provoca inestabilidad genómica y posteriormente efectos carcinogénicos. La no reparación de la doble cadena conduce a la formación de aberraciones cromosómicas y una amplia clase de mutaciones del ADN vinculadas con diversos riesgos para la salud ³.

La Organización Mundial de la Salud clasificó la radiación ionizante como cancerígena, sustentándose en evidencia suficiente que permite establecer una relación causal entre la exposición a la radiación y los efectos dañinos biológicos y clínicos que se desencadenan ⁴.

Los efectos clínicos documentados asociados a la radiación dependen de factores como la dosis, la tasa de dosis, la energía, el tiempo de exposición, la calidad de la radiación y la radiosensibilidad de los diferentes tipos de células. El daño puede clasificarse como determinístico cuando se excede un nivel específico de exposición o estocástico cuando se manifiesta por la exposición a cualquier nivel de radiación ⁵.

Se identifican las manos del cirujano, cintura ventral, pecho, cuello/tiroides y ojos como zonas anatómicas que reciben una exposición significativa a la radiación. El daño en órganos como los ojos y la piel se produce por un efecto determinístico, mientras que la

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

exposición a la radiación de la tiroides y los senos puede aumentar el riesgo de cáncer por efecto estocástico ⁶.

En este orden cobra gran sentido el principio de seguridad radiológica que rige a la mayoría de las administraciones de salud y seguridad que se sintetiza en el término ALARA (As Low As Reasonably Achievable), aludiendo a la necesidad de mantener los niveles radiológicos en los mínimos posibles ⁷.

El empleo de la radiación ionizante en los procedimientos quirúrgicos evidencia un uso cada vez más popular como parte integrante de los métodos actuales de diagnóstico y terapéutica. Su empleo es fundamental en la práctica de medicina no invasiva o mínimamente invasiva que requiere instrumentos como el fluoroscopio que faciliten imágenes en tiempo real ⁸.

MÉTODO

Se desarrolló una revisión bibliográfica sistemática y exploratoria mediante un enfoque cualitativo de tipo descriptivo y transversal que indagó en la información almacenada en las bases de datos PubMed y Science Direct y el metabuscador de Google Scholar acerca de estudios previos que abordan el tema de interés.

Se incluyeron artículos que estudian los riesgos de exposición a radiaciones ionizantes a los que se enfrentan los miembros del equipo de salud de cirugía neurológica y de trauma cuando se realizan procedimientos de intervención con empleo de fluoroscopio y procedimientos de radiología intervencionista, considerando publicaciones científicas realizadas en el período 2019-2023 ⁹.

El estudio empleó como instrumento de recolección la búsqueda bibliográfica de datos proveniente de fuentes secundarias, guiado por la metodología PRISMA. La selección de los estudios incluyó varios pasos iniciándose con la revisión y selección del año correspondiente al período enero 2019-junio 2023, lectura del título y resumen ¹⁰.

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

Se emplearon criterios de inclusión para la creación de las cadenas de búsqueda: estudios publicados en idioma español o inglés, fuente de información correspondiente con artículos indexados en PubMed o Science Direct accesibles desde el motor de búsqueda de Google Scholar comprendidos en el período enero 2019 a junio 2023 ¹¹.

Se incluyeron documentos correspondientes con artículos científicos de investigación, ensayos o estudios clínicos, metaanálisis, revisiones o revisiones sistemáticas que incluyan contenido acerca de los riesgos ocupacionales asociados a la exposición de los miembros del equipo médico a radiación ionizante específicamente en cirugías neurológicas y traumatológicas ¹².

Los criterios de exclusión consideraron documentos que no sean artículos científicos de investigación u originales, que no incluyan contenido acerca de los riesgos ocupacionales asociados a la exposición del equipo médico a radiación ionizante, que el idioma sea diferente a español o inglés, y que el período de publicación sea anterior a 2019 ¹³.

Se empleó una combinación de términos MeSH y palabras claves asociadas con las radiaciones ionizantes, la radiología de intervención, los riesgos de exposición a radiación ionizante por el empleo de procedimientos intervencionistas y las medidas de protección y seguridad. Los datos extraídos fueron registrados en un formulario que incluía elementos como autor, año, país, objetivo, métodos, resultados y conclusiones ¹⁴.

RESULTADOS

La búsqueda realizada devolvió 234 coincidencias en publicaciones relacionadas con las cadenas de búsqueda. El primer proceso de cribado permitió excluir 174 artículos publicados en fecha anterior al 2019, eliminándose 45 artículos por diversas razones como citas duplicadas, no estar completos los estudios o no estar disponibles. Finalmente fueron elegidos 18 artículos para análisis cualitativo.

Los estudios revisados permitieron identificar los principales riesgos que enfrentan los equipos médicos por exposición a radiación ionizante, identificándose los ojos, tiroides,

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

manos y gónadas como las principales zonas comprometidas. El cristalino demostró ser una de las estructuras más sensibles a la radiación ionizante, evidenciándose que los tecnólogos que ayudaron con procedimientos intervencionistas guiados por fluoroscopia presentaron mayor riesgo de cataratas comparado con aquellos que nunca ayudaron ¹⁵. La investigación sobre exposición a la radiación del cristalino durante procedimientos de imágenes radiológicas reveló que las gafas de vidrio plomado en las proximidades del paciente logran una reducción de la dosis del 91.2%, mientras que el uso de una pared de protección contra la radiación logra una reducción del 99.8%. La evaluación de las lecturas de los dosímetros no reveló exposición significativa a la radiación del cristalino cuando se utilizaron medidas de protección adecuadas ¹⁶.

Respecto a los riesgos para la tiroides, los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes mostraron niveles promedio significativamente más altos de hormona estimulante de la tiroides y niveles promedio más bajos de triyodotironina libre y tiroxina libre que los trabajadores no expuestos. La exposición ocupacional a radiación ionizante afecta las hormonas tiroideas y se relaciona con mayor probabilidad de desarrollar enfermedades inmunes tiroideas, demostrándose que los niveles de hormonas producidas por la glándula tiroides varían en dependencia de la exposición ¹⁷.

Los estudios sobre exposición en manos y piel demostraron que la dosis de exposición a la radiación ocupacional varía según la posición de la fuente de rayos X. El riesgo de exposición a la radiación dispersa fue mayor para la posición lateral, siendo las manos del cirujano las que reciben la dosis más alta de radiación. Se observaron cambios en la piel de las manos auto informados por el 42.5% de los cirujanos, diagnosticándose lesión cutánea inducida por radiación en el 31.4% ¹⁸.

DISCUSIÓN

Los resultados confirman que los miembros del equipo quirúrgico se exponen a radiación dispersa debido a su proximidad al fluoroscopio y la larga duración y alta frecuencia de

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

los procedimientos. El cirujano presenta mayor dificultad para alejarse del campo irradiado por la necesaria proximidad al paciente, resultando las manos las que reciben la dosis más alta de radiación.

La investigación evidenció que cuando la fuente de rayos X se colocó en posición lateral, la lente óptica del cirujano se expuso a dosis de radiación que podrían alcanzar el límite anual de seguridad en aproximadamente 833 minutos de exposición continua. Esto subraya la importancia del uso de gafas de protección plomada y otras medidas de seguridad ⁹.

En relación con los riesgos asociados a la exposición ocupacional a bajas dosis de radiación ionizante y efectos adversos de alteraciones funcionales tiroideas, se confirmó que la radiación ionizante influye significativamente en los niveles hormonales tiroideos, sugiriendo la posibilidad de aumento del riesgo de hipotiroidismo en los trabajadores de la salud ².

Los estudios sobre lesiones cutáneas revelaron que los cirujanos de columna presentaron signos de cambios de pigmentación de las uñas, grietas en las uñas y dermatitis periungueal significativamente mayores que los grupos de control, sugiriendo la posibilidad de daño por radiación en la mano dominante de los cirujanos expuestos. La melanoniquia longitudinal y el eccema de manos se asociaron con la exposición a radiación ionizante ³.

Respecto a la exposición de las gónadas, se evidenció que el delantal de plomo estándar no protege adecuadamente al cirujano cuando se encuentra en posición sentada y la fuente de rayos X está en una posición que irradia la zona inguinal. Los estudios sugieren una posible asociación entre la radiación testicular y la baja proporción de descendientes de sexo masculino ⁴.

Las encuestas realizadas en varios países evidenciaron que la protección de todas las partes vulnerables del cuerpo no se ha implementado lo suficiente. El conocimiento sobre principios de protección radiológica es limitado entre los miembros del equipo médico, y

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

el uso adecuado de equipos de protección plomada es deficiente. Menos del 30% de los participantes utilizaban periódicamente equipos de monitorización de radiación ⁵.

Los estudios demostraron que aunque las dosis de radiación fueron bajas y dentro de los límites permisibles legales, la exposición acumulativa durante la carrera profesional puede representar riesgos significativos. La implementación de medidas de protección radiológica, incluyendo el uso apropiado de delantales de plomo, protectores de tiroides, gafas plomadas y guantes de protección, reduce sustancialmente la exposición ⁶.

CONCLUSIONES

Los estudios revisados evidencian la existencia de riesgos reales para los miembros de los equipos de salud de cirugía neurológica y traumatológica cuando realizan procedimientos que utilizan radiación ionizante. Aunque en mayor proporción los niveles de exposición no superan los límites establecidos, la exposición acumulativa durante la carrera profesional puede representar riesgos significativos.

Se reconoce que la protección radiológica mediante el uso adecuado de equipos de protección blindada reduce los riesgos asociados a la exposición a radiación ionizante. Sin embargo, se identifica que no se conocen ni aplican completamente los principios de protección radiológica, no se hace uso adecuado de los equipos de protección y no existe un monitoreo constante mediante dosímetros.

Los ojos, tiroides, manos y gónadas constituyen las zonas anatómicas más vulnerables a la exposición ocupacional. El cristalino demuestra ser una de las estructuras más sensibles, evidenciándose mayor riesgo de cataratas en personal expuesto. Las alteraciones hormonales tiroideas y las lesiones cutáneas en manos representan efectos documentados de la exposición crónica.

Es necesario implementar programas educativos integrales que aborden los riesgos asociados a la exposición ocupacional a radiación, métodos básicos de protección en el

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

quirófano y los efectos de tales métodos de protección en la reducción de la exposición en la práctica clínica real.

El personal directamente expuesto a radiación ionizante debe realizarse análisis médicos continuos y completos para la prevención de los riesgos identificados. Se requiere el desarrollo de protocolos específicos que consideren las limitaciones de las prendas de protección convencionales según el tipo de procedimiento quirúrgico y la posición del personal durante la intervención.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés financieros, profesionales o personales que puedan influir en los resultados o interpretación de este estudio.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Regional Autónoma de los Andes por el apoyo brindado para la realización de este estudio y acceso a bases de datos científicas.

REFERENCIAS

1. Vaiserman A, Koliada A, Zabuga O, Socol Y. Health Impacts of Low-Dose Ionizing Radiation: Current Scientific Debates and Regulatory Issues. *National Library Medicine*. 2018;1(3):15-28.
2. Luis Bazán P, Salcido Reyna V, Jiménez Ávila M, Pereira P, Mario Muscia G, Diez Ulloa A. Principios básicos de rayos X en cirugía de columna. Revisión de la literatura. *Cirugía de Columna*. 2023;1(1):42-58.
3. Raza S, Houston F, Geleit R, Williams K, Trompetista A. El uso de radiaciones ionizantes en cirugía ortopédica: principios, regulaciones y manejo de riesgos. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2021;31(5):1087-1095.

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

4. Baudin C, Bernier MO, Klovov D, Andreassi MG. Biomarcadores de genotoxicidad en trabajadores médicos expuestos a dosis bajas de radiación ionizante. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(14):7690.
5. Shin YS, Kim JH, Woo Jin H, Lee SJ, Kyeongmin K, Songwon S. Efectos específicos de órganos de la exposición a dosis bajas de radiación. *Frontiers in Genetics*. 2020;2(11):566244.
6. Ramos Avasola S, Rivera P, Segura J, Thraves V, Durán F, Soto G. Análisis citogenético en linfocitos de trabajadores expuestos a radiación ionizante. *Revista chilena de cardiología*. 2020;39(1):25-32.
7. Puerta Ortiz J, Morales Aramburo MT. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Revista Colombiana de Cardiología*. 2020;27(1):61-68.
8. United Nations. Evaluation of data on thyroid cancer in regions affected by the Chernobyl accident. *UNSCEAR*. 2018;1(1):1-76.
9. Klepanec A, Salat D, Harsany M, Hoférica T, Krástev P, Haring G. Dosis de radiación del neurointervencionista durante el tratamiento endovascular. *CardioVascular and Interventional Radiology*. 2020;43(4):556-565.
10. Fogaça Cristante A, Barbieri G, Rodrigues da Silva A, Dellamano JC. Exposición A La Radiación Durante La Cirugía De La Columna. *Acta Ortopedica Brasileira*. 2019;1(27):108-115.
11. Yu C. Don't be Caught Half-dressed When Working with Radiation. *Cardiovascular Intervent Radiol*. 2020;3(43):371-373.
12. Velero A, Vergoossen L, Paulis LE, van Zwam WH, Das M, Wildberger JE. Comentarios personalizados sobre la dosis del personal en las intervenciones. *Cardiovascular Intervent Radiol*. 2017;11(40):1670-1678.
13. Aelman C, Kowald B, Weinrich N, Dischinger J, Nienhaus A, Seide K. Dosis de radiación al cristalino durante la cirugía de trauma. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(20):3850.
14. Berinde GM, Socaciu AL, Socaciu A, Cozma A, Rajnoveanu AG, Petre I. Diagnóstico del cáncer de tiroides relacionado con factores de riesgo ocupacionales. *Diagnostics*. 2022;12(2):318.

Gabriela Marisol Cabascango-Chicaiza, Rosa del Pilar López-Ruales; Raúl González-Salas

15. Matthew JP, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD. Declaración PRISMA 2020. Rev Española Cardiol. 2021;9(74):790-799.
16. Klingler JH, Hoedlmoser H, Naseri Y. Radiation protection measures to reduce the eye lens dose in spinal surgery. The Spine Journal. 2021;21(8):1337-1346.

©2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)