



UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO

**Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a
radiaciones ionizantes en los hospitales**

Autora:

Lic. Valeria Patricia Ávila Carrillo

Artículo de Revisión Sistemática Exploratoria presentado como requisito para la
obtención del título de Magister en Seguridad y Salud Ocupacional

Portoviejo, agosto de 2021



UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

**Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a
radiaciones ionizantes en los hospitales**

Autora:

Lic. Valeria Patricia Ávila Carrillo

Artículo de Revisión Sistemática Exploratoria presentado como requisito para la
obtención del título de Magister en Seguridad y Salud Ocupacional

Portoviejo, agosto de 2021

© **Derechos de autor:** Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5:

“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.” (Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

Inscribir el derecho de autor es opcional y si el estudiante lo decide debe inscribir los derechos de autor en el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual (IEPI). Si lo va a hacer internacionalmente debe tomar en cuenta las normas internacionales para microfilmado.

UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones
ionizantes en los hospitales**

Autora:

Lic. Valeria Patricia Ávila Carrillo

Eugenio Radamés Borroto, Dr. PhD.
Director de Postgrado

Luis Vásquez Zamora, Dr. PhD.
Coordinador Académico Maestría en
Seguridad y Salud Ocupacional

Janeth Salvador Moreno, Dra. PhD
Directora en Maestría en Seguridad y
Salud Ocupacional

Portoviejo, agosto de 2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN INICIAL DE APROBACIÓN DEL TUTOR	6
CONTROL DE TUTORÍAS	7
ARTÍCULO	8
Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales	9
Resumen	9
Abstract	9
Introducción	10
Metodología	12
Resultados y Discusión	13
Conclusiones	19
Referencias Bibliográficas	21
SOPORTE DE LA INVESTIGACIÓN	26
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	27
1.1. Planteamiento del problema	27
1.2. Formulación del problema	29
1.3. Objetivo de la investigación	29
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	30
2.1. Diseño del estudio: Revisión sistemática exploratoria	30

2.2. Procedimiento de recolección de datos	30
2.3. Análisis de los datos	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	39
Resumen de los artículos	40

CERTIFICACIÓN INICIAL DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del/la estudiante Valeria Patricia Ávila Carrillo, que cursa estudios en el programa de cuarto nivel: Maestría en Seguridad y Salud Ocupacional, dictado en la Facultad de Postgrado de la USGP.

CERTIFICO:

Que he analizado el informe del trabajo científico con el título: Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales, presentado por el/la estudiante de postgrado Valeria Patricia Ávila Carrillo, con cédula de ciudadanía No. 1314741818, como requisito previo para optar por el Grado Académico de Magister en Seguridad y Salud Ocupacional y considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes necesarios de carácter académico y científico, por lo que lo apruebo.

Eugenio Radamés Borroto, Dr. PhD.

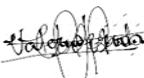
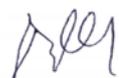
Portoviejo, 2 de agosto de 2021

UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO
POSTGRADO – USGP
CONTROL DE TUTORÍAS

Alumna: Valeria Patricia Ávila Carrillo **Fecha de entrega:** 2 de agosto de 2021

Tema: Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales

FECHA	LUGAR	# DE SESIÓN	COMENTARIOS	FIRMAS	
				EGRESADO	TUTOR
04/06/2021	USGP	1ra.	Se conversó para conocer el tema y definir las palabras claves.		
11/06/2021	USGP	2da.	Se inició con la elaboración de la introducción, metodología y correcciones		
02/07/2021 1	USGP	3ra.	Se plantearon ideas y ajustes para elaborar los resultados, discusión y conclusión.		

23/07/2021 1	USGP	4ta.	Se realizó la revisión previa al soporte de la investigación		
30/07/2021	USGP	5ta.	Se revisó por última vez el artículo completo y se dio por terminado la investigación		

OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES FINALES

ARTÍCULO

Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales.

Clinical alterations in the health of personnel exposed to ionizing radiation in hospitals.

Valeria Patricia Ávila Carrillo

Graduado de la Maestría de Seguridad y Salud Ocupacional Quinta Cohorte de la Universidad San Gregorio de Portoviejo - Manabí – Ecuador

Vavila808@gmail.com

Resumen

En las ciencias médicas las radiaciones ionizantes se usan con fines diagnósticos, terapéuticos e intervencionistas. Pero la exposición de los trabajadores representa un riesgo para su salud. El objetivo es identificar las alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales. La investigación consiste en una revisión sistemática exploratoria, se realizaron búsquedas en español, inglés y portugués en los metabuscadores Google Académico y SemanticScholar, así como en Scopus, ScienceDirect, PubMed, LILACS, SciELO y biblioteca Cochrane. La investigación permitió evidenciar la existencia de distintas alteraciones clínicas

en la salud del personal expuesto. Entre ellas destacan el papel de las radiaciones en la incidencia de cánceres como la leucemia y varios linfomas, la infertilidad tanto masculina como femenina, las afecciones oculares como las cataratas y las alteraciones de la función tiroidea.

Palabras clave: Riesgos laborales, Exposición ocupacional, Radiación ionizante, Protección radiológica.

Abstract

In medical sciences, ionizing radiation is used for diagnostic, therapeutic and interventional purposes. But the exposure of workers represents a risk to their health. The objective is to identify clinical alterations in the health of personnel exposed to ionizing radiation in hospitals. The research consists of an exploratory systematic review, searches were carried out in Spanish, English and Portuguese in the Google Academic and SemanticScholar metasearch engines, as well as in Scopus, ScienceDirect, PubMed, LILACS, SciELO and the Cochrane library. The investigation made it possible to demonstrate the existence of different clinical alterations in the health of the exposed personnel. These include the role of radiation in the incidence of cancers such as leukemia and various lymphomas, infertility, both male and female, eye conditions such as cataracts, and alterations in thyroid function.

Keywords: Occupational Risks, Occupational exposure, Ionizing radiation, Radiation protection.

Introducción

Las radiaciones ionizantes consisten en ondas electromagnéticas naturales o artificiales, se caracterizan por tener la capacidad de producir iones en su paso a través de la materia de forma directa o indirecta. Viene a ser energía transportada por diversas partículas y rayos derivados de material radioactivo. Tienden a utilizarse en las industrias, en la agricultura, así como en la práctica médica. En esta última, se asocia con el uso de sistemas de rayos X para

contribuir al diagnóstico por imágenes, por ejemplo, a través de tomografías computarizadas, fluoroscopia, radiología general, mamografías y radiologías dentales. También en intervenciones como el cateterismo en sus diversas formas y para tratamientos tipo radioterapia (Bueno et al., 2020; Hernández Piñero y Pernalet Ruiz, 2017; Ubeda de la C et al., 2018).

Por otro lado, esto tiene un costo para la salud del personal sanitario. Según las cifras que presentan Carranza et al. (2012), a nivel mundial más de 20 millones de trabajadores están expuestos a radiaciones ionizantes. Dentro de este tipo de personal, Bernal Troetsch (2019), menciona a los licenciados en radiología, personal médico y de enfermería tanto que realiza labores relacionadas tanto para radiodiagnóstico como para radioterapia y radiología intervencionista y personal auxiliar de dichas áreas.

Los efectos clínicos producidos por la radiación son variados. Una clasificación los divide entre efectos estocásticos, que son consecuencia del daño celular a una o varias células; y determinísticos, en los que se provoca muerte celular de una cantidad de células y que no puede ser compensada por los mecanismos correspondientes. Cabe mencionar que en los estocásticos la posibilidad de que aparezca el efecto es una función de la dosis y se desconoce si existe un umbral. Por su parte, en los efectos determinísticos la magnitud del efecto depende de la dosis, es decir, existe un umbral por debajo del cual no se produce el daño (Puerta-Ortiz y Morales-Aramburo, 2020; Ramos-Avasola, Uribe, et al., 2020).

Desde otro punto de vista, los efectos dañinos que se producen por la exposición a radiaciones ionizantes se clasifican en somáticos y hereditarios. Los somáticos son los que suceden en la persona expuesta y los hereditarios ocurren en la descendencia del sujeto expuesto a la radiación (Ramos-Avasola, Rivera, et al., 2020).

Existen distintos ejemplos de los efectos de las radiaciones en la salud de los trabajadores expuestos a ella. Es clásica la asociación entre radiaciones y cáncer, tal como lo plantean tanto Hernández Piñero y Pernalet Ruiz (2017)

como Satta et al. (2020). Por otro lado, Hernández et al. (2020), plantea la existencia de una relación entre una exposición ocupacional a radiaciones y la aparición de cataratas. Incluso se han comenzado a elaborar hipótesis sobre la relación de las radiaciones con un aumento en el riesgo cardiovascular (Aristizábal, 2020) y en la aparición de mal de Parkinson (Azizova et al., 2021).

Según Puerta-Ortiz y Morales-Aramburo (2020, p. 62), existen unos tejidos más radiosensibles que otros. Los autores afirman que “la piel y los tejidos hematopoyéticos se consideran los más radiosensibles, mientras que las células del tejido nervioso y muscular son las más resistentes”.

Ahora bien, existen dos fenómenos a nivel celular que son inducidos por las radiaciones y forman parte de su mecanismo para generar daño al individuo expuesto. Estos son las llamadas aberraciones cromosómicas y los micronúcleos. Las primeras, representan el principal indicador biológico de actividad mutagénica para evaluar la exposición a mutágenos y agentes carcinogénicos (Ramos-Avasola, Rivera, et al., 2020).

En resumen, según lo expresan Ubeda de la C et al. (2018), la exposición a las radiaciones ionizantes puede producirse como consecuencia de las diversas actividades llevadas a cabo por el ser humano, particularmente por el trabajo. En este sentido, la exposición ocupacional, sobre todo en el campo médico, representa un problema que hay que atender para minimizar los riesgos del personal.

En vista de la abundante información existente se hace necesario realizar una sistematización de los datos relacionados con los efectos de las radiaciones ionizantes en el personal de salud. Por ello, el objetivo del presente estudio es identificar las alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales mediante una revisión sistemática con fuentes secundarias.

Metodología

Esta investigación se basó en los postulados de las revisiones sistemáticas exploratorias (RSE), que según Fernández-Sánchez et al. (2020), permiten obtener una panorámica amplia sobre la mejor evidencia de un tema en particular. Estas revisiones, a través de una pregunta enfocada a un problema sirven para la identificación de lagunas sobre un área en la cual se ha investigado poco o nada.

Las búsquedas se realizaron en español, inglés y portugués. Se utilizaron como palabras clave en español los términos radiaciones ionizantes, exposición ocupacional a radiaciones ionizantes, riesgos ocupacionales de las radiaciones ionizantes, alteraciones clínicas como consecuencia de las radiaciones ionizantes. En inglés las palabras de búsqueda fueron ionizing radiation, occupational exposure to ionizing radiation, occupational risks of ionizing radiation, clinical changes as a consequence of ionizing radiation. Mientras que, en portugués, las palabras clave fueron radiação ionizante, exposição ocupacional à radiação ionizante, riscos ocupacionais da radiação ionizante, alterações clínicas como consequência da radiação ionizante.

La revisión de las fuentes se hizo en los metabuscadore Google Académico y SemanticScholar, así como en las bases de datos o buscadores especializados como Scopus, ScienceDirect, PubMed, LILACS, SciELO y biblioteca Cochrane. En una primera etapa de búsqueda el resultado fue de 1 221 artículos, luego de eliminar los duplicados y descartar los estudios no pertinentes quedaron 133 artículos. Como criterios de inclusión para la sección de resultados se tomó en cuenta que el año de publicación fuera a partir del año 2016 y que el estudio tuviera un diseño transversal, de casos y controles, de cohorte, revisiones sistemáticas y / o metaanálisis.

Se obtuvieron artículos completos y se realizó un análisis de los contenidos para verificar la pertinencia para ser incluidos en el presente estudio. En total se incluyeron 30 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión. Los datos se presentaron en matrices que incluyeron los siguientes elementos de

cada artículo: autor, año de publicación, título del artículo, país donde se desarrolló el estudio, la metodología y los aportes o hallazgos de cada publicación.

Resultados y Discusión

La línea de investigación relacionada con las alteraciones clínicas del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes presenta un alto nivel de actividad. El problema es estudiado desde distintos ángulos y perspectivas. Por ejemplo, Hamada et al. (2019), se enfocan en los efectos en el ojo que se producen como consecuencia de la exposición ocupacional a radiaciones. Mientras que Luigi et al. (2020), centran su investigación en la relación entre las radiaciones ionizantes en trabajadores sanitarios y las alteraciones funcionales de la glándula tiroides.

Atendiendo a la diversidad de estudios, en primer lugar, se presenta una tabla donde se establece el país de realización de los distintos estudios considerados (Tabla 1), los países que más aportaron estudios a esta revisión fueron Colombia, Chile y Estados Unidos. Posteriormente, se consideraron las investigaciones incluidas tomando en cuenta su diseño (Tabla 2), siendo las revisiones de la literatura y sistemáticas las que aportaron un mayor porcentaje (46,7%). Por último, se organiza esta sección en base a los aportes de los investigadores sobre la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes y su efecto en los distintos órganos y sistemas que conforman el cuerpo humano (Tabla 3).

Uno de los ejes es el que menciona los efectos de las radiaciones sobre la salud ocular de los trabajadores expuestos a radiaciones. En este sentido, Barbosa et al. (2019), refieren que el cristalino es uno de los órganos más radiosensibles del cuerpo y realizaron una investigación sobre la prevalencia de la opacidad del cristalino en cardiólogos intervencionistas y profesionales que trabajan en hemodinámica en Brasil. Compararon la prevalencia de cataratas en los profesionales y los compararon con población no expuesta a las radiaciones. Reportaron que la catarata fue más prevalente en los

profesionales expuestos a radiaciones ionizantes, siendo la catarata subcapsular posterior el hallazgo más frecuente.

Tabla 1. Artículos sobre efectos clínicos de la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes por país.

País	No de artículos	%
Colombia	4	13,3
Estados Unidos	3	10
Chile	3	10
Italia	2	6,6
Inglaterra	2	6,6
Brasil	2	6,6
Polonia	2	6,6
Venezuela	2	6,6
India	1	3,3
España	1	3,3
Japón	1	3,3
Panamá	1	3,3
Tailandia	1	3,3
Rusia	1	3,3
China	1	3,3
Irlanda	1	3,3
Canadá	1	3,3
Europa (Multicéntrico)	1	3,3
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia (2021).

Por su parte, Bernier et al. (2018), estimaron el riesgo de cataratas en una cohorte de técnicos radiólogos de medicina nuclear (NM) sobre la base de sus antecedentes laborales y prácticas de protección radiológica. Entre sus conclusiones mencionan que se observó un mayor riesgo de cataratas entre los técnicos radiólogos que habían realizado al menos un procedimiento de medicina nuclear durante su trayectoria laboral.

Una revisión sistemática sobre el riesgo de cataratas en trabajadores de la salud expuestos a radiaciones ionizantes fue realizada por Della Vecchia et al. (2020), en esta se sintetiza la evidencia más reciente que respalda la hipótesis de un riesgo significativamente mayor de cataratas ocupacionales en los trabajadores de la salud que están expuestos a radiaciones ionizantes, especialmente en cardiólogos intervencionistas. Los datos también apoyan una

relación dosis-respuesta entre dicha exposición y la prevalencia de opacidades, especialmente opacidades subcapsulares posteriores.

Cabe resaltar que los hallazgos evidenciaron la necesidad de adoptar medidas de control efectivas, entre ellas la capacitación adecuada, el cumplimiento de los procedimientos de protección y el uso constante de escudos y equipos de protección personal para los ojos en los trabajadores de la salud con exposición óptica a los rayos infrarrojos. Los programas periódicos de vigilancia de la salud, que posiblemente incluyan la evaluación del cristalino también son importantes para monitorear el riesgo de cataratas en estos trabajadores (Della Vecchia et al., 2020).

Tabla 2. Artículos sobre efectos clínicos de la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes según diseño del estudio

Autor (año)	Diseño del estudio	No.	%
Hamada et al. (2019)	Revisión de la literatura o Revisión sistemática	14	46,7
Della Vecchia et al. (2020)			
Hernández et al. (2020)			
Kumar et al. (2019)			
Kesari et al. (2018)			
Skrzypek et al. (2019)			
Wdowiak et al. (2019)			
Harbron y Pasqual (2020)			
Hernández Piñero y Pernalete Ruiz (2017)			
Hauptmann et al. (2020)			
Ubeda de la C et al. (2018)			
Aristizábal (2020)			
Puerta-Ortiz y Morales-Aramburo (2020)			
Bueno et al. (2020)			
Bernier et al. (2018)	Estudios de cohorte	6	20
Kelly et al. (2018)			
Demeter et al. (2019)			
Gillies et al. (2019)			
Fang et al. (2019)			
Azizova et al. (2021)			
Barbosa et al. (2019)	Casos y controles	6	20
Luigi et al. (2020)			
Escobar y Coronel (2019)			
Satta et al. (2020)			
Silva-Júnior et al. (2020)			
Ramos-Avasola, Rivera, et al. (2020)			
Krisanachinda et al. (2017)	Estudios transversales	4	13,3
Luna-Sánchez et al. (2019)			

Ramos-Avasola, Uribe, et al. (2020)			
Bernal Troetsch (2019)			
TOTALES		30	100

. Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla 3. Investigaciones sobre efectos clínicos de la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes.

Autor (Año)	Efectos clínicos o variable	Resumen
Hamada et al. (2019)	Oculares	Estos estudios se enfocaron en los efectos de las radiaciones ionizantes sobre la vista del personal expuesto. Las radiaciones tienen un efecto negativo sobre el cristalino y esto trae como consecuencia que en el personal expuesto exista un aumento del riesgo de sufrir cataratas.
Barbosa et al. (2019)	Oculares	
Bernier et al. (2018)	Oculares	
Della Vecchia et al. (2020)	Oculares	
Kelly et al. (2018)	Oculares	
Demeter et al. (2019)	Oculares	
Krisanachinda et al. (2017)	Oculares	
Hernández et al. (2020)	Oculares	
Kumar et al. (2019)	Función reproductiva	La función reproductiva tanto en hombres como en mujeres se ve afectada por la exposición a radiaciones ionizantes. Hay riesgo elevado de esterilidad tanto masculina como femenina.
Kesari et al. (2018)	Función reproductiva	
Skrzypek et al. (2019)	Función reproductiva	
Wdowiak et al. (2019)	Función reproductiva	
Luigi et al. (2020)	Alteración tiroidea	Entre los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes se eleva el riesgo de sufrir hipotiroidismo.
Luna-Sánchez et al. (2019)	Alteración tiroidea	
Escobar y Coronel (2019)	Alteración tiroidea	
Gillies et al. (2019)	Cáncer	El riesgo de cáncer aumenta entre los trabajadores de la salud expuestos a radiaciones ionizantes. Leucemia y Linfomas son los principales tipos asociados a este riesgo.
Harbron y Pasqual (2020)	Cáncer	
Satta et al. (2020)	Cáncer	
Hernández Piñero y Pernalet Ruiz (2017)	Cáncer	
Hauptmann et al. (2020)	Cáncer	
Silva-Júnior et al. (2020)	Genotoxicidad	
Fang et al. (2019)	Genotoxicidad	Es aceptado que las radiaciones producen daño a nivel del ADN lo que se considera un daño genotóxico.
Ubeda de la C et al. (2018)	Dosimetría	
Aristizábal (2020)	Cardiovascular	Los estudios de dosimetría han intentado dilucidar la dosis umbral para provocar daño en
Azizova et al. (2021)	Parkinson	

Ramos-Avasola et al. (2020)	Dosimetría	los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. De exploran nuevas líneas de investigación que relacionan a las radiaciones ionizantes con alteraciones cardiovasculares e incluso con la enfermedad de Parkinson
Ramos-Avasola et al. (2020)	Análisis citogenético de linfocitos	
Puerta-Ortiz y Morales-Aramburo (2020)	Efectos biológicos	
Bueno et al. (2020)	Efectos secundarios	
Bernal Troetsch (2019)	Efectos secundarios	

Fuente: Elaboración propia (2021).

Un estudio realizado por Kelly et al. (2018), se enfoca en el efecto ocular de las radiaciones en centros de medicina del dolor. Los resultados evidenciaron que la dosis anual de exposición ocupacional a radiaciones ionizantes de los médicos especialistas en dolor que realizan procedimientos guiados por fluoroscopia es menor que las pautas internacionales recomendadas.

Otro de los temas en los que se han desarrollado varias investigaciones es en lo relacionado con la reproducción humana. Al respecto, Kumar et al. (2019), refieren que la exposición a radiaciones ionizantes puede tener efectos adversos sobre la reproducción humana que dependen de la dosis, duración, intensidad y frecuencia de la exposición a la radiación. La respuesta del ovario a la exposición a la radiación varía con la edad, la dosis y la duración. Una exposición ovárica a una dosis de 4 Gy puede causar esterilidad en mujeres jóvenes, aunque el riesgo aumenta en mujeres mayores de 40 años. Sobre la base de datos experimentales, se ha sugerido que la radiación ionizante puede inducir daños en el ADN de las células germinales, lo que puede provocar efectos nocivos en la descendencia, incluidos abortos espontáneos, bajo peso al nacer y anomalías congénitas. Sin embargo, no se ven pruebas claras de tales efectos en los estudios epidemiológicos.

Por otro lado, publicaciones como la realizada por Kesari et al. (2018) hacen hincapié en los efectos de las radiaciones en la calidad del espermatozoides y las consecuencias de ello para la fertilidad masculina. De hecho, tanto Skrzypek et al., (2019) como Wdowiak et al. (2019), refieren que existen más

investigaciones relacionadas con la infertilidad masculina en comparación con la infertilidad femenina causada por las radiaciones.

Se dice que la dosis mínima para causar daño detectable en el ADN es de 30 Gy. Al exceder esta dosis, aumenta el número de roturas de ADN monocatenario. Entre los hombres expuestos a radiaciones ionizantes se observó una disminución en la motilidad de los espermatozoides y en el porcentaje de espermatozoides morfológicamente normales, así como en una intensificación de la vacuolización. Incluso, el material genético en el esperma de estos hombres mostró una mayor fragmentación y metilación del ADN genómico (Wdowiak et al., 2019).

Respecto a los efectos de las radiaciones sobre la glándula tiroides, Luna-Sánchez et al. (2019), reportaron que en un grupo de trabajadores de la salud expuestos a radiación ionizante se observó un mayor riesgo de hipotiroidismo subclínico relacionado con las dosis de radiación.

Escobar y Coronel (2019), estudiaron un grupo de trabajadores expuestos ocupacionalmente a radiaciones ionizantes y lo compararon con un grupo de trabajadores no expuestos. Se evidenció que el 63% de trabajadores expuestos a radiaciones presentaron alteraciones en el ultrasonido tiroideo, un porcentaje superior al 43% de los no expuestos. La prevalencia de alteraciones tiroideas entre los expuestos fue de 44% para bocio difuso, 32% para nódulos y 24% para quistes. Los investigadores concluyeron que las alteraciones tiroideas fueron más prevalentes entre los expuestos a radiaciones.

Una revisión sobre exposición ocupacional a radiaciones ionizantes no puede quedar completa sin tomar en cuenta el vínculo entre estas y la aparición de distintas formas de cáncer. En particular, se relaciona con leucemia (Gillies et al., 2019; Hernández Piñero y Pernalet Ruiz, 2017) y con linfomas, entre los que se incluyen el mieloma múltiple y la leucemia linfocítica crónica (Harbron y Pasqual, 2020).

En su estudio, Gillies et al. (2019), estimaron el riesgo de la radiación para la incidencia de leucemia y mortalidad derivadas de una cohorte de 173 081 trabajadores expuestos ocupacionalmente en el Reino Unido. Los participantes fueron monitoreados por exposición ocupacional a la radiación. Se siguió a la cohorte durante un total de 5,3 millones de personas-año y pudo identificarse tanto la incidencia como la mortalidad debida a la leucemia hasta el final del seguimiento. Se investigó la relación entre la dosis de radiación acumulada y la mortalidad por leucemia. Los resultados de este trabajo mostraron una dosis colectiva de 4.414 Sv-persona acumulada por la cohorte con una dosis acumulada promedio de 25,5 mSv.

Los trabajadores varones mostraron un mayor riesgo de leucemia (excluyendo la leucemia linfática crónica) asociado con el aumento de la dosis acumulada. En conclusión, este estudio proporciona más evidencia de que los riesgos de leucemia pueden aumentar con la exposición prolongada y a dosis bajas a la radiación externa. En este trabajo, los riesgos coincidieron con los coeficientes de riesgo en los que se basan las normas internacionales de seguridad radiológica, incluidos los límites de dosis y las restricciones utilizadas para controlar las exposiciones (Gillies et al., 2019).

Es importante tomar en cuenta las medidas de protección radiológica en los centros de salud donde se realizan actividades que impliquen el uso de radiaciones ionizantes con fines diagnósticos o terapéuticos. La salud de los trabajadores dependerá en gran medida del respeto a las dosis umbrales establecidas para evitar la aparición de patologías que sean consecuencia de dicha exposición.

También el trabajador debe tomar conciencia de su responsabilidad para con su propia salud. Si la institución ofrece los equipos de protección radiológica, es necesario que los miembros del personal les den el uso correspondiente. Este hecho contribuiría a la reducción de eventos asociados con la exposición ocupacional.

Conclusiones

El uso de radiaciones ionizantes en las instituciones hospitalarias implica un riesgo para la salud de los trabajadores quienes se exponen continuamente a estas. La investigación permitió evidenciar la existencia de distintas alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto. Entre ellas destacan el papel de las radiaciones en la incidencia de cánceres como la leucemia y varios linfomas, la infertilidad tanto masculina como femenina destacando la infertilidad en la mujer especialmente cuando son mayores de 40 años; las afecciones oculares como las cataratas ya que la radiación prolongada según algunos autores afecta directamente al cristalino; y las alteraciones de la función tiroidea.

Esta línea de investigación se encuentra activa y al ser un campo muy amplio con la sistematización de la información se ha logrado obtener conocimientos precisos explorando nuevas relaciones que incluyen los posibles efectos de las radiaciones ionizantes en la salud cardiovascular y en enfermedades como la de Parkinson. El papel de las revisiones sistemáticas en la generación de evidencia ha sido fundamental para intentar entender los mecanismos involucrados en la etiología de las cataratas como consecuencia de la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes y la genotoxicidad ya que se menciona en varios estudios el daño en el ADN de las personas ocupacionalmente expuestas a largo plazo. No están claros aún los mecanismos etiológicos de las alteraciones tiroideas, pero algunos de los autores consultados reportaron casos de hipertiroidismo en sus investigaciones, además de bocio, nódulos y quistes.

Cabe resaltar que ante el riesgo de desarrollar las alteraciones mencionadas en este estudio es necesario establecer una corresponsabilidad entre las instituciones de salud que trabajan con radiaciones ionizantes y los trabajadores. Estudios de dosimetría aclaran y explican los rangos de la dosis umbral para provocar daño en los trabajadores expuestos a radiaciones

ionizantes, pero la mayor prevención está en proveer las condiciones y los equipos de protección personal para minimizar los riesgos de desarrollar enfermedades ocupacionales y los trabajadores comprometerse a utilizar los equipos de protección personal para cuidarse a sí mismos y crear autorresponsabilidad

Referencias Bibliográficas

Aristizábal, J. M. (2020). Riesgo cardiovascular relacionado con la radiación ionizante. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27, 21–24. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.11.001>

Azizova, T. V., Bannikova, M. V., Grigoryeva, E. S., Rybkina, V. L., & Hamada, N. (2021). Occupational exposure to chronic ionizing radiation increases risk of Parkinson's disease incidence in Russian Mayak workers. *International Journal of Epidemiology*, 49(2), 435–447. <https://doi.org/10.1093/IJE/DYZ230>

Barbosa, A. H. P., Medeiros, R. B., Corpa, A. M. R., Higa, F. S., Souza, M. T. de, Barbosa, P. L., Moreira, A. C., Quadros, A. S. de, Lemke, V. de M. G., & Cantarelli, M. J. de C. (2019). Prevalence of Lens Opacity in Interventional Cardiologists and Professional Working in the Hemodynamics in Brazil. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 112, 392–399.

Bernal Troetsch, R. (2019). Nivel de conocimientos en protección radiológica del personal expuesto a radiaciones ionizantes en un complejo hospitalario. *Revista Intervencionismo*, 19(3), 103–110.

<https://doi.org/10.30454/2530-1209.2019.3.1>

- Bernier, M.-O., Journy, N., Villoing, D., Doody, M. M., Alexander, B. H., Linet, M. S., & Kitahara, C. M. (2018). Cataract risk in a cohort of US radiologic technologists performing nuclear medicine procedures. *Radiology*, *286*(2), 592–601.
- Bueno, J. A., Uribe, M. R., Corpas-, U. J. N., Chac, L. A., & Bola, A. (2020). *Una mirada real y actualizada sobre los efectos de las dosis de radiación percibidas por los pacientes y los trabajadores del área de radiología*. *6*(2), 185–197.
- Carranza, T., Franco, J., Gaona, E., & Noriega, M. (2012). Evaluación de la seguridad e higiene de un servicio de radioterapia en México, D.F. *Salud de Los Trabajadores*, *20*(2), 155–165. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01382012000200004&lang=es%0Ahttp://www.scielo.org.ve/pdf/st/v20n2/art04.pdf
- Della Vecchia, E., Modenese, A., Loney, T., Muscatello, M., Silva Paulo, M., Rossi, G., & Gobba, F. (2020). Risk of cataract in health care workers exposed to ionizing radiation: a systematic review. *La Medicina Del Lavoro*, *111*(4), 269–284. <https://doi.org/10.23749/mdl.v111i4.9045>
- Demeter, S., Goertzen, A. L., & Patterson, J. (2019). Demonstrating Compliance With Proposed Reduced Lens of Eye Dose Limits in Nuclear Medicine Settings. *Health Physics*, *117*(3), 313–318. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001059>
- Escobar, A., & Coronel, C. (2019). Hallazgos ecográficos de la glándula tiroides en el personal técnico ocupacionalmente expuesto y no expuesto a radiaciones ionizantes del Hospital Central Universitario Dr. Antonio María Pineda. *Boletín Médico de Postgrado*, *35*(1), 21–24.
- Fang, L., Li, J., Li, W., Mao, X., Ma, Y., Hou, D., Zhu, W., Jia, X., & Qiao, J.

- (2019). Assessment of Genomic Instability in Medical Workers Exposed to Chronic Low-Dose X-Rays in Northern China. *Dose-Response*, 17(4), 1559325819891378. <https://doi.org/10.1177/1559325819891378>
- Fernández-Sánchez, H., King, K., & Enríquez-Hernández, C. B. (2020). Revisión Sistemática Exploratoria como metodología para la síntesis del conocimiento científico. *Enfermería Universitaria*, 17(1), 87–94.
- Gillies, M., Haylock, R., Hunter, N., & Zhang, W. (2019). Risk of Leukemia Associated with Protracted Low-Dose Radiation Exposure: Updated Results from the National Registry for Radiation Workers Study. *Radiation Research*, 192(5), 527–537. <https://doi.org/10.1667/RR15358.1>
- Hamada, N., Azizova, T. V., & Little, M. P. (2019). An update on effects of ionizing radiation exposure on the eye. *The British Journal of Radiology*, 93(1115), 20190829. <https://doi.org/10.1259/bjr.20190829>
- Harbron, R. W., & Pasqual, E. (2020). Ionising radiation as a risk factor for lymphoma: A review. *Journal of Radiological Protection*, 40, R151–R185. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/abbe37>
- Hauptmann, M., Daniels, R. D., Cardis, E., Cullings, H. M., Kendall, G., Laurier, D., Linet, M. S., Little, M. P., Lubin, J. H., Preston, D. L., Richardson, D. B., Stram, D. O., Thierry-Chef, I., Schubauer-Berigan, M. K., Gilbert, E. S., & Berrington de Gonzalez, A. (2020). Epidemiological Studies of Low-Dose Ionizing Radiation and Cancer: Summary Bias Assessment and Meta-Analysis. *Journal of the National Cancer Institute. Monographs*, 2020(56), 188–200. <https://doi.org/10.1093/jncimonographs/lgaa010>
- Hernández, C., Durán, A., & Cortés, M. C. (2020). Lesiones oculares y radiación ionizante. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27(S1), 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2019.09.004>
- Hernández Piñero, A., & Pernalet Ruiz, M. (2017). Leucemia ocupacional:

- importancia de la prevención. *Comunidad y Salud*, 15(1), 86–90.
- Kelly, R., McMahon, A., & Hegarty, D. (2018). Ionizing radiation dose exposure to the ocular region of pain physicians during c-arm guided pain interventions. *Pain Physician*, 21(5), E523–E532. <https://doi.org/10.36076/ppj.2018.5.e523>
- Kesari, K. K., Agarwal, A., & Henkel, R. (2018). Radiations and male fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology: RB&E*, 16(1), 118. <https://doi.org/10.1186/s12958-018-0431-1>
- Krisanachinda, A., Srimahachota, S., & Matsubara, K. (2017). The current status of eye lens dose measurement in interventional cardiology personnel in Thailand. *Radiological Physics and Technology*, 10(2), 142–147. <https://doi.org/10.1007/s12194-017-0403-8>
- Kumar, S., Sharma, A., & Kshetrimayum, C. (2019). Environmental & occupational exposure & female reproductive dysfunction. *The Indian Journal of Medical Research*, 150(6), 532–545. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1652_17
- Luigi, D., Fontana, L., Leso, V., Dolce, P., Vitale, R., Vetrani, I., Galdi, A., & Iavicoli, I. (2020). Low dose ionizing radiation exposure and risk of thyroid functional alterations in healthcare workers. *European Journal of Radiology*, 132(May), 109279. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109279>
- Luna-Sánchez, S., Del Campo, M. T., Morán, J. V., Fernández, I. M., Checa, F. J. S., & de la Hoz, R. E. (2019). Thyroid Function in Health Care Workers Exposed to Ionizing Radiation. *Health Physics*, 117(4), 403–407. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001071>
- Puerta-Ortiz, J., & Morales-Aramburo, J. (2020). Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27(S1), 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2020.01.005>

- Ramos-Avasola, S., Rivera, D., Segura, K., Thraves, E., Durán, A., Soto, V., Gamarra, J., & Ojeda, M. I. (2020). Análisis citogenético en linfocitos de trabajadores expuestos a radiación ionizante en una unidad de cardiología intervencional de Chile: Estudio piloto y revisión de la literatura. *Revista Chilena de Cardiología*, 39(1), 8–15. <https://doi.org/10.4067/s0718-85602020000100008>
- Ramos-Avasola, S., Uribe, J., Orsi, F., Alarcón, T., Álvarez, J., Angelis, F. de, Gamarra, J., Mora, A., Prieto, A., Godoy, M., León, B., Tapia, A., Robles, I., Arredondo, V., Aguilar, T., Vergara, F., & Sabini, D. (2020). Descripción de elementos de radioprotección y dosimetría en Unidades de Cardiología Intervencionista Sudamericanas: Un estudio piloto. *Revista Chilena de Cardiología*, 39(2), 105–113. <https://doi.org/10.4067/s0718-85602020000200105>
- Satta, G., Loi, M., Becker, N., Benavente, Y., De Sanjose, S., Foretova, L., Staines, A., Maynadie, M., Nieters, A., Meloni, F., Pilia, I., Campagna, M., Pau, M., Zablotska, L. B., & Cocco, P. (2020). Occupational exposure to ionizing radiation and risk of lymphoma subtypes: Results of the Epilymph European case-control study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 19(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00596-9>
- Silva-Júnior, F. M. R. da, Tavella, R. A., Fernandes, C. L. F., Mortola, A. S., Peraza, G. G., & Garcia, E. M. (2020). Genotoxic risk in health-care professionals occupationally exposed to low doses of ionizing radiation. *Toxicology and Industrial Health*, 36(5), 356–370. <https://doi.org/10.1177/0748233720932081>
- Skrzypek, M., Wdowiak, A., Panasiuk, L., Stec, M., Szczygieł, K., Zybała, M., & Filip, M. (2019). Effect of ionizing radiation on the female reproductive system. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine : AAEM*, 26(4), 606–616. <https://doi.org/10.26444/aaem/112837>

Ubeda de la C, C., Nocetti G., D., Inzulza C., A., Oyarzún C., C., & Alarcón E., R. (2018). Magnitudes y unidades para dosimetría del personal ocupacionalmente expuesto en radiodiagnóstico e intervencionismo. *Revista Chilena de Radiología*, 24(1), 5–11. <https://doi.org/10.4067/s0717-93082018000100005>

Wdowiak, A., Skrzypek, M., Stec, M., & Panasiuk, L. (2019). Effect of ionizing radiation on the male reproductive system. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine : AAEM*, 26(2), 210–216. <https://doi.org/10.26444/aaem/106085>

SOPORTE DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Las radiaciones ionizantes consisten en ondas electromagnéticas naturales o artificiales, se caracterizan por tener la capacidad de producir iones en su paso a través de la materia de forma directa o indirecta. Viene a ser energía transportada por diversas partículas y rayos derivados de material radioactivo. Tienden a utilizarse en las industrias, en la agricultura, así como en la práctica médica. En esta última, se asocia con el uso de sistemas de rayos X para

contribuir al diagnóstico por imágenes, por ejemplo, a través de tomografías computarizadas, fluoroscopia, radiología general, mamografías y radiologías dentales. También en intervenciones como el cateterismo en sus diversas formas y para tratamientos tipo radioterapia (Bueno et al., 2020; Hernández Piñero y Pernalet Ruiz, 2017; Ubeda de la C et al., 2018).

Por otro lado, esto tiene un costo para la salud del personal sanitario. Según las cifras que presentan Carranza et al. (2012), a nivel mundial más de 20 millones de trabajadores están expuestos a radiaciones ionizantes. Dentro de este tipo de personal, Bernal Troetsch (2019), menciona a los licenciados en radiología, personal médico y de enfermería tanto que realiza labores relacionadas tanto para radiodiagnóstico como para radioterapia y radiología intervencionista y personal auxiliar de dichas áreas.

Los efectos clínicos producidos por la radiación son variados. Una clasificación los divide entre efectos estocásticos, que son consecuencia del daño celular a una o varias células; y determinísticos, en los que se provoca muerte celular de una cantidad de células y que no puede ser compensada por los mecanismos correspondientes. Cabe mencionar que en los estocásticos la posibilidad de que aparezca el efecto es una función de la dosis y se desconoce si existe un umbral. Por su parte, en los efectos determinísticos la magnitud del efecto depende de la dosis, es decir, existe un umbral por debajo del cual no se produce el daño (Puerta-Ortiz y Morales-Aramburo, 2020; Ramos-Avasola, Uribe, et al., 2020).

Desde otro punto de vista, los efectos dañinos que se producen por la exposición a radiaciones ionizantes se clasifican en somáticos y hereditarios. Los somáticos son los que suceden en la persona expuesta y los hereditarios ocurren en la descendencia del sujeto expuesto a la radiación (Ramos-Avasola, Rivera, et al., 2020).

Existen distintos ejemplos de los efectos de las radiaciones en la salud de los trabajadores expuestos a ella. Es clásica la asociación entre radiaciones y cáncer, tal como lo plantean tanto Hernández Piñero y Pernalet Ruiz (2017)

como Satta et al. (2020). Por otro lado, Hernández et al. (2020), plantea la existencia de una relación entre una exposición ocupacional a radiaciones y la aparición de cataratas. Incluso se han comenzado a elaborar hipótesis sobre la relación de las radiaciones con un aumento en el riesgo cardiovascular (Aristizábal, 2020) y en la aparición de mal de Parkinson (Azizova et al., 2021).

Según Puerta-Ortiz y Morales-Aramburo (2020, p. 62), existen unos tejidos más radiosensibles que otros. Los autores afirman que “la piel y los tejidos hematopoyéticos se consideran los más radiosensibles, mientras que las células del tejido nervioso y muscular son las más resistentes”.

Ahora bien, existen dos fenómenos a nivel celular que son inducidos por las radiaciones y forman parte de su mecanismo para generar daño al individuo expuesto. Estos son las llamadas aberraciones cromosómicas y los micronúcleos. Las primeras, representan el principal indicador biológico de actividad mutagénica para evaluar la exposición a mutágenos y agentes carcinogénicos (Ramos-Avasola, Rivera, et al., 2020).

En resumen, según lo expresan Ubeda de la C et al. (2018), la exposición a las radiaciones ionizantes puede producirse como consecuencia de las diversas actividades llevadas a cabo por el ser humano, particularmente por el trabajo. En este sentido, la exposición ocupacional, sobre todo en el campo médico, representa un problema que hay que atender para minimizar los riesgos del personal.

En vista de la abundante información existente se hace necesario realizar una sistematización de los datos relacionados con los efectos de las radiaciones ionizantes en el personal de salud. Por ello, el objetivo del presente estudio es identificar las alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales mediante una revisión sistemática con fuentes secundarias.

1.2. **Formulación del problema**

¿Cuáles son las alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales?

1.3. **Objetivo de la investigación**

Identificar las alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño del estudio: Revisión sistemática exploratoria

Esta investigación se basó en los postulados de las revisiones sistemáticas exploratorias (RSE), que según Fernández-Sánchez et al. (2020), permiten obtener una panorámica amplia sobre la mejor evidencia de un tema en particular. Estas revisiones, a través de una pregunta enfocada a un problema sirven para la identificación de lagunas sobre un área en la cual se ha investigado poco o nada.

2.2. Procedimiento de recolección de datos

Las búsquedas se realizaron en español, inglés y portugués. Se utilizaron como palabras clave en español los términos radiaciones ionizantes, exposición ocupacional a radiaciones ionizantes, riesgos ocupacionales de las radiaciones ionizantes, alteraciones clínicas como consecuencia de las radiaciones ionizantes. En inglés las palabras de búsqueda fueron ionizing radiation, occupational exposure to ionizing radiation, occupational risks of ionizing radiation, clinical changes as a consequence of ionizing radiation. Mientras que, en portugués, las palabras clave fueron radiação ionizante, exposição ocupacional à radiação ionizante, riscos ocupacionais da radiação ionizante, alterações clínicas como consequência da radiação ionizante.

La revisión de las fuentes se hizo en los metabuscadores Google Académico y SemanticScholar, así como en las bases de datos o buscadores especializados como Scopus, ScienceDirect, PubMed, LILACS, SciELO y biblioteca Cochrane. En una primera etapa de búsqueda el resultado fue de 1 221 artículos, luego de eliminar los duplicados y descartar los estudios no pertinentes quedaron 133 artículos. Como criterios de inclusión para la sección de resultados se tomó en cuenta que el año de publicación fuera a partir del año 2016 y que el estudio tuviera un diseño transversal, de casos y controles, de cohorte, revisiones sistemáticas y / o metaanálisis.

2.3. Análisis de los datos

Se obtuvieron artículos completos y se realizó un análisis de los contenidos para verificar la pertinencia para ser incluidos en el presente estudio. En total se incluyeron 30 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión. Los datos se presentaron en matrices que incluyeron los siguientes elementos de cada artículo: autor, año de publicación, título del artículo, país donde se desarrolló el estudio, la metodología y los aportes o hallazgos de cada publicación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La línea de investigación relacionada con las alteraciones clínicas del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes presenta un alto nivel de actividad. El problema es estudiado desde distintos ángulos y perspectivas. Por ejemplo, Hamada et al. (2019), se enfocan en los efectos en el ojo que se producen como consecuencia de la exposición ocupacional a radiaciones. Mientras que Luigi et al. (2020), centran su investigación en la relación entre las radiaciones ionizantes en trabajadores sanitarios y las alteraciones funcionales de la glándula tiroides.

Atendiendo a la diversidad de estudios, en primer lugar, se presenta una tabla donde se establece el país de realización de los distintos estudios considerados (Tabla 1), los países que más aportaron estudios a esta revisión fueron Colombia, Chile y Estados Unidos. Posteriormente, se consideraron las investigaciones incluidas tomando en cuenta su diseño (Tabla 2), siendo las revisiones de la literatura y sistemáticas las que aportaron un mayor porcentaje (46,7%). Por último, se organiza esta sección en base a los aportes de los investigadores sobre la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes y su efecto en los distintos órganos y sistemas que conforman el cuerpo humano (Tabla 3).

Uno de los ejes es el que menciona los efectos de las radiaciones sobre la salud ocular de los trabajadores expuestos a radiaciones. En este sentido, Barbosa et al. (2019), refieren que el cristalino es uno de los órganos más radiosensibles del cuerpo y realizaron una investigación sobre la prevalencia de la opacidad del cristalino en cardiólogos intervencionistas y profesionales que trabajan en hemodinámica en Brasil. Compararon la prevalencia de cataratas en los profesionales y los compararon con población no expuesta a las radiaciones. Reportaron que la catarata fue más prevalente en los

profesionales expuestos a radiaciones ionizantes, siendo la catarata subcapsular posterior el hallazgo más frecuente.

Tabla 1. Artículos sobre efectos clínicos de la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes por país.

País	No de artículos	%
Colombia	4	13,3
Estados Unidos	3	10
Chile	3	10
Italia	2	6,6
Inglaterra	2	6,6
Brasil	2	6,6
Polonia	2	6,6
Venezuela	2	6,6
India	1	3,3
España	1	3,3
Japón	1	3,3
Panamá	1	3,3
Tailandia	1	3,3
Rusia	1	3,3
China	1	3,3
Irlanda	1	3,3
Canadá	1	3,3
Europa (Multicéntrico)	1	3,3
Total	30	100

Fuente: Elaboración propia (2021).

Por su parte, Bernier et al. (2018), estimaron el riesgo de cataratas en una cohorte de técnicos radiólogos de medicina nuclear (NM) sobre la base de sus antecedentes laborales y prácticas de protección radiológica. Entre sus conclusiones mencionan que se observó un mayor riesgo de cataratas entre los técnicos radiólogos que habían realizado al menos un procedimiento de medicina nuclear durante su trayectoria laboral.

Una revisión sistemática sobre el riesgo de cataratas en trabajadores de la salud expuestos a radiaciones ionizantes fue realizada por Della Vecchia et al. (2020), en esta se sintetiza la evidencia más reciente que respalda la hipótesis de un riesgo significativamente mayor de cataratas ocupacionales en los trabajadores de la salud que están expuestos a radiaciones ionizantes, especialmente en cardiólogos intervencionistas. Los datos también apoyan una

relación dosis-respuesta entre dicha exposición y la prevalencia de opacidades, especialmente opacidades subcapsulares posteriores.

Cabe resaltar que los hallazgos evidenciaron la necesidad de adoptar medidas de control efectivas, entre ellas la capacitación adecuada, el cumplimiento de los procedimientos de protección y el uso constante de escudos y equipos de protección personal para los ojos en los trabajadores de la salud con exposición óptica a los rayos infrarrojos. Los programas periódicos de vigilancia de la salud, que posiblemente incluyan la evaluación del cristalino también son importantes para monitorear el riesgo de cataratas en estos trabajadores (Della Vecchia et al., 2020).

Tabla 2. Artículos sobre efectos clínicos de la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes según diseño del estudio

Autor (año)	Diseño del estudio	No.	%
Hamada et al. (2019)	Revisión de la literatura o Revisión sistemática	14	46,7
Della Vecchia et al. (2020)			
Hernández et al. (2020)			
Kumar et al. (2019)			
Kesari et al. (2018)			
Skrzypek et al. (2019)			
Wdowiak et al. (2019)			
Harbron y Pasqual (2020)			
Hernández Piñero y Pernalet Ruiz (2017)			
Hauptmann et al. (2020)			
Ubeda de la C et al. (2018)			
Aristizábal (2020)			
Puerta-Ortiz y Morales-Aramburo (2020)			
Bueno et al. (2020)			
Bernier et al. (2018)	Estudios de cohorte	6	20
Kelly et al. (2018)			
Demeter et al. (2019)			
Gillies et al. (2019)			
Fang et al. (2019)			
Azizova et al. (2021)			
Barbosa et al. (2019)	Casos y controles	6	20
Luigi et al. (2020)			
Escobar y Coronel (2019)			
Satta et al. (2020)			
Silva-Júnior et al. (2020)			
Ramos-Avasola, Rivera, et al. (2020)			
Krisanachinda et al. (2017)	Estudios transversales	4	13,3
Luna-Sánchez et al. (2019)			

Ramos-Avasola, Uribe, et al. (2020)			
Bernal Troetsch (2019)			
TOTALES		30	100

. Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla 3. Investigaciones sobre efectos clínicos de la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes.

Autor (Año)	Efectos clínicos o variable	Resumen
Hamada et al. (2019)	Oculares	Estos estudios se enfocaron en los efectos de las radiaciones ionizantes sobre la vista del personal expuesto. Las radiaciones tienen un efecto negativo sobre el cristalino y esto trae como consecuencia que en el personal expuesto exista un aumento del riesgo de sufrir cataratas.
Barbosa et al. (2019)	Oculares	
Bernier et al. (2018)	Oculares	
Della Vecchia et al. (2020)	Oculares	
Kelly et al. (2018)	Oculares	
Demeter et al. (2019)	Oculares	
Krisanachinda et al. (2017)	Oculares	
Hernández et al. (2020)	Oculares	
Kumar et al. (2019)	Función reproductiva	La función reproductiva tanto en hombres como en mujeres se ve afectada por la exposición a radiaciones ionizantes. Hay riesgo elevado de esterilidad tanto masculina como femenina.
Kesari et al. (2018)	Función reproductiva	
Skrzypek et al. (2019)	Función reproductiva	
Wdowiak et al. (2019)	Función reproductiva	
Luigi et al. (2020)	Alteración tiroidea	Entre los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes se eleva el riesgo de sufrir hipotiroidismo.
Luna-Sánchez et al. (2019)	Alteración tiroidea	
Escobar y Coronel (2019)	Alteración tiroidea	
Gillies et al. (2019)	Cáncer	El riesgo de cáncer aumenta entre los trabajadores de la salud expuestos a radiaciones ionizantes. Leucemia y Linfomas son los principales tipos asociados a este riesgo.
Harbron y Pasqual (2020)	Cáncer	
Satta et al. (2020)	Cáncer	
Hernández Piñero y Pernalet Ruiz (2017)	Cáncer	
Hauptmann et al. (2020)	Cáncer	
Silva-Júnior et al. (2020)	Genotoxicidad	
Fang et al. (2019)	Genotoxicidad	
Ubeda de la C et al. (2018)	Dosimetría	Es aceptado que las radiaciones producen daño a nivel del ADN lo que se considera un daño genotóxico. Los estudios de dosimetría han intentado dilucidar la dosis umbral para provocar daño en
Aristizábal (2020)	Cardiovascular	
Azizova et al. (2021)	Parkinson	

Ramos-Avasola et al. (2020)	Dosimetría	los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. De exploran nuevas líneas de investigación que relacionan a las radiaciones ionizantes con alteraciones cardiovasculares e incluso con la enfermedad de Parkinson
Ramos-Avasola et al. (2020)	Análisis citogenético de linfocitos	
Puerta-Ortiz y Morales-Aramburo (2020)	Efectos biológicos	
Bueno et al. (2020)	Efectos secundarios	
Bernal Troetsch (2019)	Efectos secundarios	

Fuente: Elaboración propia (2021).

Un estudio realizado por Kelly et al. (2018), se enfoca en el efecto ocular de las radiaciones en centros de medicina del dolor. Los resultados evidenciaron que la dosis anual de exposición ocupacional a radiaciones ionizantes de los médicos especialistas en dolor que realizan procedimientos guiados por fluoroscopia es menor que las pautas internacionales recomendadas.

Otro de los temas en los que se han desarrollado varias investigaciones es en lo relacionado con la reproducción humana. Al respecto, Kumar et al. (2019), refieren que la exposición a radiaciones ionizantes puede tener efectos adversos sobre la reproducción humana que dependen de la dosis, duración, intensidad y frecuencia de la exposición a la radiación. La respuesta del ovario a la exposición a la radiación varía con la edad, la dosis y la duración. Una exposición ovárica a una dosis de 4 Gy puede causar esterilidad en mujeres jóvenes, aunque el riesgo aumenta en mujeres mayores de 40 años. Sobre la base de datos experimentales, se ha sugerido que la radiación ionizante puede inducir daños en el ADN de las células germinales, lo que puede provocar efectos nocivos en la descendencia, incluidos abortos espontáneos, bajo peso al nacer y anomalías congénitas. Sin embargo, no se ven pruebas claras de tales efectos en los estudios epidemiológicos.

Por otro lado, publicaciones como la realizada por Kesari et al. (2018) hacen hincapié en los efectos de las radiaciones en la calidad del espermatozoides y las consecuencias de ello para la fertilidad masculina. De hecho, tanto Skrzypek et al., (2019) como Wdowiak et al. (2019), refieren que existen más

investigaciones relacionadas con la infertilidad masculina en comparación con la infertilidad femenina causada por las radiaciones.

Se dice que la dosis mínima para causar daño detectable en el ADN es de 30 Gy. Al exceder esta dosis, aumenta el número de roturas de ADN monocatenario. Entre los hombres expuestos a radiaciones ionizantes se observó una disminución en la motilidad de los espermatozoides y en el porcentaje de espermatozoides morfológicamente normales, así como en una intensificación de la vacuolización. Incluso, el material genético en el esperma de estos hombres mostró una mayor fragmentación y metilación del ADN genómico (Wdowiak et al., 2019).

Respecto a los efectos de las radiaciones sobre la glándula tiroides, Luna-Sánchez et al. (2019), reportaron que en un grupo de trabajadores de la salud expuestos a radiación ionizante se observó un mayor riesgo de hipotiroidismo subclínico relacionado con las dosis de radiación.

Escobar y Coronel (2019), estudiaron un grupo de trabajadores expuestos ocupacionalmente a radiaciones ionizantes y lo compararon con un grupo de trabajadores no expuestos. Se evidenció que el 63% de trabajadores expuestos a radiaciones presentaron alteraciones en el ultrasonido tiroideo, un porcentaje superior al 43% de los no expuestos. La prevalencia de alteraciones tiroideas entre los expuestos fue de 44% para bocio difuso, 32% para nódulos y 24% para quistes. Los investigadores concluyeron que las alteraciones tiroideas fueron más prevalentes entre los expuestos a radiaciones.

Una revisión sobre exposición ocupacional a radiaciones ionizantes no puede quedar completa sin tomar en cuenta el vínculo entre estas y la aparición de distintas formas de cáncer. En particular, se relaciona con leucemia (Gillies et al., 2019; Hernández Piñero y Pernalet Ruiz, 2017) y con linfomas, entre los que se incluyen el mieloma múltiple y la leucemia linfocítica crónica (Harbron y Pasqual, 2020).

En su estudio, Gillies et al. (2019), estimaron el riesgo de la radiación para la incidencia de leucemia y mortalidad derivadas de una cohorte de 173 081 trabajadores expuestos ocupacionalmente en el Reino Unido. Los participantes fueron monitoreados por exposición ocupacional a la radiación. Se siguió a la cohorte durante un total de 5,3 millones de personas-año y pudo identificarse tanto la incidencia como la mortalidad debida a la leucemia hasta el final del seguimiento. Se investigó la relación entre la dosis de radiación acumulada y la mortalidad por leucemia. Los resultados de este trabajo mostraron una dosis colectiva de 4.414 Sv-persona acumulada por la cohorte con una dosis acumulada promedio de 25,5 mSv.

Los trabajadores varones mostraron un mayor riesgo de leucemia (excluyendo la leucemia linfática crónica) asociado con el aumento de la dosis acumulada. En conclusión, este estudio proporciona más evidencia de que los riesgos de leucemia pueden aumentar con la exposición prolongada y a dosis bajas a la radiación externa. En este trabajo, los riesgos coincidieron con los coeficientes de riesgo en los que se basan las normas internacionales de seguridad radiológica, incluidos los límites de dosis y las restricciones utilizadas para controlar las exposiciones (Gillies et al., 2019).

Es importante tomar en cuenta las medidas de protección radiológica en los centros de salud donde se realizan actividades que impliquen el uso de radiaciones ionizantes con fines diagnósticos o terapéuticos. La salud de los trabajadores dependerá en gran medida del respeto a las dosis umbrales establecidas para evitar la aparición de patologías que sean consecuencia de dicha exposición.

También el trabajador debe tomar conciencia de su responsabilidad para con su propia salud. Si la institución ofrece los equipos de protección radiológica, es necesario que los miembros del personal les den el uso correspondiente. Este hecho contribuiría a la reducción de eventos asociados con la exposición ocupacional.

CONCLUSIONES

El uso de radiaciones ionizantes en las instituciones hospitalarias implica un riesgo para la salud de los trabajadores quienes se exponen continuamente a estas. La investigación permitió evidenciar la existencia de distintas alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto. Entre ellas destacan el papel de las radiaciones en la incidencia de cánceres como la leucemia y varios linfomas, la infertilidad tanto masculina como femenina, las afecciones oculares como las cataratas y las alteraciones de la función tiroidea.

Esta línea de investigación se encuentra activa y se están explorando nuevas relaciones que incluyen los posibles efectos de las radiaciones ionizantes en la salud cardiovascular y en enfermedades como la de Parkinson. El papel de las revisiones sistemáticas en la generación de evidencia ha sido fundamental para intentar entender los mecanismos involucrados en la etiología de las cataratas como consecuencia de la exposición ocupacional a las radiaciones ionizantes y

la genotoxicidad. No están claros aún los mecanismos etiológicos de las alteraciones tiroideas.

Cabe resaltar que ante el riesgo de desarrollar las alteraciones mencionadas en este estudio es necesario establecer una corresponsabilidad entre las instituciones de salud que trabajan con radiaciones ionizantes y los trabajadores. Las primeras deben proveer las condiciones y los equipos de protección personal para minimizar los riesgos de desarrollar enfermedades ocupacionales y los trabajadores comprometerse a utilizar los equipos de protección personal para cuidarse a sí mismos.

Resumen de los artículos

Estudio 1:

País: Colombia

Autores: Aristizábal, J.

Año: 2020

Título: Riesgo cardiovascular relacionado con la radiación ionizante

Enlace:

https://rccardiologia.com/previos/RCC%202020%20Vol.%2027/RCC_2020_27_S1/RCC_2020_27_S1_021-024.pdf

Hallazgos: La exposición a la radioterapia en la región del tórax se asocia con enfermedad coronaria y con el aumento del riesgo de eventos cardiovasculares. Comienza a evidenciarse una relación entre exposición crónica a dosis moderadas o bajas de radiación y enfermedad cardiovascular.

Estudio 2:

País: Rusia

Autores: Azizova, T. V., Bannikova, M. V., Grigoryeva, E. S., Rybkina, V. L., & Hamada, N.

Año: 2021

Título: Occupational exposure to chronic ionizing radiation increases risk of Parkinson's disease incidence in Russian Mayak workers

Enlace: <https://sci-hub.do/https://doi.org/10.1093/IJE/DYZ230>

Metodología y hallazgos: Este estudio tuvo como objetivo evaluar el riesgo de incidencia de la enfermedad de Parkinson (EP) en una cohorte de trabajadores expuestos ocupacionalmente a radiación. Este estudio es el primero en sugerir que la EP está asociada con una exposición ocupacional prolongada a las radiaciones ionizantes.

Estudio 3:

País: Brasil

Autores: Barbosa, A. H. P., Medeiros, R. B., Corpa, A. M. R., Higa, F. S., Souza, M. T. de, Barbosa, P. L., Moreira, A. C., Quadros, A. S. de, Lemke, V. de M. G., & Cantarelli, M. J. de C.

Año: 2019

Título: Prevalence of Lens Opacity in Interventional Cardiologists and Professional Working in the Hemodynamics in Brazil

Enlace:

<https://www.scielo.br/j/abc/a/CQBQRLzv4JMQgy8FY5X3WQN/?lang=en>

Resumen: Estudio de casos y controles en el que se evaluaron trabajadores expuestos y no expuestos a radiaciones ionizantes. Hubo más prevalencia de cataratas en los trabajadores expuestos y el principal tipo fue la catarata subcapsular posterior.

Estudio 4:

País: Panamá

Autor: Bernal Troetsch, R

Año: 2019

Título: Nivel de conocimientos en protección radiológica del personal expuesto a radiaciones ionizantes en un complejo hospitalario

Enlace:

http://revistaintervencionismo.com/wp-content/uploads/3.19_original1.pdf

Resumen:

Fue un estudio descriptivo, con diseño transversal. Se aplicó una encuesta al personal de la salud que trabaja en un área de exposición a radiaciones ionizantes. El 56 % (n=73) de los encuestados eran médicos. El nivel de conocimientos global osciló entre el 11 % y el 100 % con un promedio del 67 % (regular) y se categorizó como deficiente a un 40 % (n=51) de los participantes. Las preguntas con mayor porcentaje de error fueron sobre la fuente de radiación dispersa en la sala de fluoroscopia (55 %). El 33 % de los participantes no contaba con un dosímetro personal y solo el 28 % afirmaba contar con cursos de capacitación continua. El 89 % de los participantes posee

entre 0 a 9 horas de entrenamiento formal en protección radiológica. El autor considera que los participantes del estudio poseen poca o nula capacitación en protección radiológica. Se sugiere mejorar el sistema de vigilancia y la educación en nociones de radioprotección.

Estudio 5:

País: Estados Unidos

Autores: Bernier, M.-O., Journy, N., Villoing, D., Doody, M. M., Alexander, B. H., Linet, M. S., & Kitahara, C. M.

Año: 2018

Título: Cataract risk in a cohort of US radiologic technologists performing nuclear medicine procedures

Enlace: <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.2017170683>

Resumen: Estudio de cohorte que indagó la historia laboral y la historia de cataratas de técnicos radiólogos en Estados Unidos. Hubo mayor incidencia de cataratas entre los trabajadores que desempeñaron sus funciones en procedimientos de medicina nuclear.

Estudio 6:

País: Colombia

Autores: Bueno, J. A., Uribe, M. R., Corpas-, U. J. N., Chac, L. A., & Bola, A.

Año: 2020

Título: Una mirada real y actualizada sobre los efectos de las dosis de radiación percibidas por los pacientes y los trabajadores del área de radiología

Enlace: <http://eduneuro.com/revista/index.php/revistaneuronum/article/view/238>

Resumen: Revisión sistemática en la que los autores concluyeron que los efectos de las dosis de radiación percibidas por las personas del área de radiología (Trabajadores y pacientes) pueden variar dependiendo del conocimiento previo, de la educación recibida y de las experiencias vividas de cada sujeto. Así mismo, el nivel de lesión está ligado al tipo de tecnología disponible en los centros imagenológicos

Estudio 7:

País: Chile

Autores: Ubeda de la C, C., Nocetti G., D., Inzulza C., A., Oyarzún C., C., & Alarcón E., R.

Año: 2018

Título: Magnitudes y unidades para dosimetría del personal ocupacionalmente expuesto en radiodiagnóstico e intervencionismo.

Enlace:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-93082018000100005&script=sci_arttext&lng=e

Resumen: Revisión de la literatura que describe las principales magnitudes y unidades que se deben conocer y utilizar en la dosimetría ocupacional de los trabajadores que participan en procedimientos de Radiodiagnóstico e Intervencionismo.

Estudio 8:

País: Italia

Autores: Della Vecchia, E., Modenese, A., Loney, T., Muscatello, M., Silva Paulo, M., Rossi, G., & Gobba, F.

Año: 2020

Título: Risk of cataract in health care workers exposed to ionizing radiation: a systematic review

Enlace: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7809955/>

Resumen: Revisión sistemática que sintetiza la evidencia más reciente para respaldar la hipótesis de un riesgo significativamente mayor de cataratas ocupacionales en los trabajadores de la salud que están expuestos a radiaciones ionizantes, especialmente en cardiólogos intervencionistas. Los datos también apoyan una relación dosis-respuesta entre la exposición a radiaciones ionizantes y la prevalencia de opacidades, especialmente opacidades subcapsulares posteriores.

Estudio 9:

País: Venezuela

Autores: Escobar, A., & Coronel, C.

Año: 2019

Título: Hallazgos ecográficos de la glándula tiroides en el personal técnico ocupacionalmente expuesto y no expuesto a radiaciones ionizantes del Hospital Central Universitario Dr. Antonio María Pineda

Enlace: <https://revistas.uclave.org/index.php/bmp/article/view/2563>

Resumen: Estudio de casos y controles en el que se obtuvo como resultado que el 63% del personal expuesto presentó algún tipo de alteración en el ultrasonido tiroideo en comparación con el 43% del personal no ocupacionalmente expuesto; los hallazgos permiten concluir que el porcentaje del personal con afectación de la glándula tiroides fue mayor en personal expuesto y que los hallazgos ecográficos difieren entre los grupos estudiados.

Estudio 10:

País: Inglaterra

Autores: Gillies, M., Haylock, R., Hunter, N., & Zhang, W.

Año: 2019

Título: Risk of Leukemia Associated with Protracted Low-Dose Radiation Exposure: Updated Results from the National Registry for Radiation Workers Study.

Enlace:

<https://meridian.allenpress.com/radiation-research/article-abstract/192/5/527/434516>

Resumen: Estudio de cohorte que proporciona evidencia de que los riesgos de leucemia pueden aumentar con la exposición prolongada y a dosis bajas a la radiación externa. Los riesgos son generalmente consistentes con los observados en los estudios de sobrevivientes de bombas atómicas, así como con los coeficientes de riesgo en los que se basan las normas internacionales de seguridad radiológica, incluidos los límites de dosis y las restricciones utilizadas para controlar las exposiciones.

Estudio 11:

País: Canadá

Autores: Demeter, S., Goertzen, A. L., & Patterson, J.

Año: 2019

Título: Demonstrating Compliance With Proposed Reduced Lens of Eye Dose Limits in Nuclear Medicine Settings.

Enlace:

https://journals.lww.com/health-physics/Abstract/2019/09000/Demonstrating_Compliance_With_Proposed_Reduced.11.aspx

Resumen: Una cohorte prospectiva (n = 19) de tecnólogos en medicina nuclear usó lentes dedicados de dosímetros oculares durante un período de 3 meses sincronizados con sus programas de dosímetros corporales. Se validó la lente de los dosímetros oculares para tener una respuesta lineal en los rangos de dosis previstos. Los participantes trabajaron en una práctica de medicina nuclear de volumen relativamente alto, que incluía operaciones generales y cardíacas, tomografía por emisión de positrones / tomografía computarizada, radiofarmacia y ciclotrón. Los rangos de dosis anualizados fueron 0.0-3.68 mSv (cristalino del ojo) y 0.48-4.72 mSv (cuerpo entero). Hubo una buena correlación entre el cristalino del ojo y las lecturas del dosímetro corporal (R = 0,67). No hubo diferencias significativas en la dosis de la lente del ojo por tipo de trabajo, sexo del trabajador o lado en el que se usó el dosímetro.

Estudio 12:

País: China

Autores: Fang, L., Li, J., Li, W., Mao, X., Ma, Y., Hou, D., Zhu, W., Jia, X., & Qiao, J.

Año: 2019

Título: Assessment of Genomic Instability in Medical Workers Exposed to Chronic Low-Dose X-Rays in Northern China.

Enlace: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6883363/>

Resumen: Estudio que evaluó el daño genómico potencial en trabajadores expuestos ocupacionalmente a rayos X de dosis baja. Se llevaron a cabo una variedad de análisis, incluida la evaluación del nivel de daño del ADN y las aberraciones cromosómicas (CA), así como el ensayo de micronúcleos de

bloqueo de citocinesis (CBMN), el perfil de expresión génica y la determinación del nivel de antioxidantes. Aquí, informamos que el nivel de daño del ADN, CA y CBMN aumentaron significativamente. Además, la expresión génica y las actividades antioxidantes se modificaron en la sangre periférica de los hombres expuestos a rayos X de dosis baja. Los hallazgos indicaron una fuerte correlación entre la inestabilidad genómica y la duración de la exposición a dosis bajas de IR. Los datos también revelaron la reparación del daño del ADN y los mecanismos antioxidantes que podrían resultar en la inestabilidad genómica observada en los trabajadores de la salud expuestos a dosis bajas crónicas de IR.

Estudio 13:

País: Japón

Autores: Hamada, N., Azizova, T. V, & Little, M. P.

Título: An update on effects of ionizing radiation exposure on the eye.

Enlace: <https://www.birpublications.org/doi/abs/10.1259/bjr.20190829>

Resumen: Desde 2011, ha habido un creciente cuerpo de evidencia epidemiológica relacionada con las cataratas y otras enfermedades oculares (es decir, glaucoma y degeneración macular), particularmente en dosis bajas y tasas de dosis bajas de radiaciones. Esta revisión ofrece una descripción general de la base científica que analiza la plausibilidad de estos dos supuestos a la luz de la evidencia científica emergente y considera la radiosensibilidad del cristalino entre las estructuras oculares.

Estudio 14:

País: Inglaterra

Autores: Harbron, R. W., & Pasqual, E.

Año: 2020

Título: Ionising radiation as a risk factor for lymphoma: A review.

Enlace: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6498/abbe37/meta>

Resumen: No está clara la capacidad de la radiación ionizante para inducir linfoma. Esta revisión narrativa investiga la evidencia epidemiológica del riesgo de linfoma, incluida la leucemia linfocítica crónica (LLC) y el mieloma múltiple (MM), entre varias poblaciones expuestas, incluidos los sobrevivientes del bombardeo atómico, los trabajadores de la radiación industrial y médica y las personas expuestas para fines médicos. propósitos. En general, existe una sugerencia de una asociación dependiente de la dosis positiva entre la exposición a la radiación y el linfoma. Sin embargo, la magnitud de esta asociación es muy imprecisa, con amplios intervalos de confianza que a menudo incluyen riesgo cero. Las comparaciones externas tienden a mostrar tasas de incidencia y mortalidad similares a las de la población general. Actualmente, no hay información suficiente sobre el impacto de la edad en el momento de la exposición, la radiación de transferencia de energía lineal alta versus baja, las exposiciones externas versus internas o las exposiciones agudas versus crónicas. Las asociaciones son más fuertes para los hombres que para las mujeres, y más fuertes para el linfoma no Hodgkin y el MM que para el linfoma de Hodgkin, mientras que el riesgo de LLC inducida por radiación puede ser inexistente.

Estudio 15:

País: Estados Unidos

Autores: Hauptmann, M., Daniels, R. D., Cardis, E., Cullings, H. M., Kendall, G., Laurier, D., Linet, M. S., Little, M. P., Lubin, J. H., Preston, D. L., Richardson, D. B., Stram, D. O., Thierry-Chef, I., Schubauer-Berigan, M. K., Gilbert, E. S., & Berrington de Gonzalez, A.

Año: 2020

Título: Epidemiological Studies of Low-Dose Ionizing Radiation and Cancer: Summary Bias Assessment and Meta-Analysis.

Enlace:

<https://academic.oup.com/jncimono/article/2020/56/188/5869934?login=true>

Resumen: Revisión sistemática en la que los autores concluyeron que los nuevos estudios epidemiológicos apoyan directamente el aumento de riesgo de cáncer por radiación ionizante de baja dosis. Además, la magnitud de los riesgos de cáncer de estas exposiciones de radiación de dosis baja fue estadísticamente compatible con los riesgos de cáncer relacionados con la dosis de radiación de los supervivientes de la bomba atómica.

Estudio 16:

País: Colombia

Autores: Hernández, C., Durán, A., & Cortés, M. C.

Año: 2020

Título: Lesiones oculares y radiación ionizante.

Enlace: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563319301822>

Resumen: Existen varios estudios que han evaluado los efectos de la exposición ocupacional por radiación ionizante en el cristalino en cardiólogos intervencionistas, comparándolos con controles no expuestos. Concluyen que hay mayor prevalencia de opacidades subcapsulares posteriores en el personal expuesto a radiación ionizante, especialmente en los cardiólogos intervencionistas (por trabajar muy cerca del generador de rayos X), las cuales están relacionadas con la duración de la práctica del intervencionismo cardíaco y disminuyen con el uso regular de los lentes plomados.

Los investigadores encontraron que es bajo el uso por parte de los cardiólogos intervencionistas de los elementos de protección radiológica, especialmente gafas y mampara plomada, las cuales han demostrado efectividad en la reducción de la radiación ionizante recibida por el personal de la sala de cateterismo cardiaco.

Estudio 17:

País: Venezuela

Autores: Hernández Piñero, A., & Pernalet Ruiz, M.

Año: 2017

Título: Leucemia ocupacional: importancia de la prevención.

Enlace:

[http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1690-32932017000100010&script=sci_artt
ext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1690-32932017000100010&script=sci_artt
ext)

Resumen: Los principales efectos biológicos que producen las radiaciones ionizantes corresponden a cambios bioquímicos intracelulares, que pueden desencadenar diversas alteraciones. Incluso los daños activan los mecanismos de reparación celular para tratar de superarlo. La exposición crónica a dosis bajas puede desencadenar aberraciones cromosómicas y el riesgo a leucemia aumenta linealmente con las dosis acumuladas de radiación ionizante. El objetivo de esta revisión fue reflexionar sobre la necesidad del uso correcto de las radiaciones ionizantes artificiales, así como la necesidad de actualizar los protocolos de prevención, en materia de riesgo ocupacional, contempladas en las normas básicas relativas a la protección sanitaria del personal en riesgo, con la intención de proporcionar alternativas para el cuidado de la salud y contribuir a evitar las alteraciones derivadas de dichas exposiciones.

Estudio 18:

País: Irlanda

Autores: Kelly, R., McMahon, A., & Hegarty, D.

Año: 2018

Título: Ionizing radiation dose exposure to the ocular region of pain physicians during c-arm guided pain interventions.

Enlace: <https://cora.ucc.ie/handle/10468/7216>

Resumen: Estudio realizado en unidades de control del dolor. Las radiaciones ionizantes en la región ocular fueron significativamente menores que las pautas de seguridad europeas recomendadas, pero la dosis anual debe confirmarse en médicos del dolor con un menor grado de experiencia clínica.

Estudio 19:

País: Estados Unidos

Autores: Kesari, K. K., Agarwal, A., & Henkel, R.

Año: 2018

Título: Radiations and male fertility.

Enlace:

https://rbej.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12958-018-0431-1?fbclid=IwAR0aqwxv7G1IPyGDhcYQOYpIZ4G_761W8P_1rMUbugLj3UG3Uwh2D5_-Amw

Resumen: Es probable que la infertilidad masculina se vea afectada por la intensa exposición al calor y la exposición extrema a pesticidas, radiaciones, radiactividad y otras sustancias peligrosas. Estamos rodeados de varios tipos de radiaciones ionizantes y no ionizantes y ambos tienen efectos causales reconocidos sobre la espermatogénesis. Dado que es imposible abarcar todos los tipos de fuentes de radiación y sus efectos biológicos bajo un solo título,

esta revisión se centra en la radiación proveniente de teléfonos celulares, computadoras portátiles, Wi-Fi y hornos microondas, ya que estas son las fuentes más comunes de no- Radiaciones ionizantes, que pueden contribuir a la causa de la infertilidad al explorar el efecto de la exposición a las radiaciones de radiofrecuencia en el patrón de fertilidad masculina.

Estudio 20:

País: Tailandia

Autores: Krisanachinda, A., Srimahachota, S., & Matsubara, K.

Año: 2017

Título: The current status of eye lens dose measurement in interventional cardiology personnel in Thailand.

Enlace: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28551839/>

Resumen: En Tailandia, las dosis equivalentes de lentes oculares en términos de Hp (3) de los cardiólogos intervencionistas, enfermeras y radiólogos que participan en procedimientos de cardiología intervencionista se han medido en 12 centros desde 2015 en el estudio piloto. El dosímetro de luminiscencia ópticamente estimulada (OSL) se utilizó para medir la exposición ocupacional y la dosis de la lente ocular de 42 miembros del personal de cardiología intervencionista. El dosímetro Nano Dots OSL se ha utilizado como dosímetro de lente ocular para 16 miembros del personal de cardiología intervencionista, con y sin anteojos de vidrio de plomo. La dosis media efectiva en el cuerpo, la dosis equivalente en el collar y la dosis estimada del cristalino fueron 0,801, 5,88 y 5,70 mSv por año, respectivamente. La dosis media de la lente ocular medida por el dosímetro Nano Dots fue de 8.059 mSv por año en el ojo izquierdo y 3.552 mSv por año en el ojo derecho. Dos de los 16 cardiólogos intervencionistas recibieron dosis anuales de lentes oculares en el lado izquierdo sin vidrio de plomo superiores a 20 mSv por año, el nuevo límite de

dosis de lentes oculares recomendado por la CIPR con el riesgo de opacidad del cristalino y cataratas.

Estudio 21:

País: India

Autores: Kumar, S., Sharma, A., & Kshetrimayum, C.

Año: 2019

Título: Environmental & occupational exposure & female reproductive dysfunction.

Enlace: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7038808/>

Resumen: Existe la necesidad de un programa de concientización y prevención sobre los efectos adversos de estos factores y el deterioro de la salud reproductiva femenina, el resultado del embarazo y el desarrollo de la descendencia, ya que las radiaciones ionizantes y otras sustancias químicas podrían afectar al feto en desarrollo en dosis muy bajas mediante un mecanismo disruptivo endocrino.

Estudio 22:

País: Italia

Autores: Luigi, D., Fontana, L., Leso, V., Dolce, P., Vitale, R., Vetrani, I., Galdi, A., & Iavicoli, I.

Año: 2020

Título: Low dose ionizing radiation exposure and risk of thyroid functional alterations in healthcare workers.

Enlace:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0720048X2030468X>

Resumen: Los trabajadores expuestos 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, aunque se observaron diferencias no significativas entre las dos categorías de exposición diferentes. Según los valores de las hormonas tiroideas, se ha considerado una condición de hipotiroidismo en 11 trabajadores expuestos (9.2%) y, curiosamente, esta condición clínica se asoció significativamente con la exposición a radiaciones ionizantes. La exposición a dosis bajas de radiación ionizante parecería influir significativamente en los niveles de triyodotironina libre, tiroxina libre, hormona estimulante de la tiroides, lo que sugiere un posible aumento del riesgo de hipotiroidismo en los trabajadores de la salud, aunque no se pudo determinar una relación con la categoría de exposición.

Estudio 23:

País: España

Autores: Luna-Sánchez, S., Del Campo, M. T., Morán, J. V., Fernández, I. M., Checa, F. J. S., & de la Hoz, R. E.

Año: 2019

Título: Thyroid Function in Health Care Workers Exposed to Ionizing Radiation.

Enlace:

https://journals.lww.com/health-physics/Abstract/2019/10000/Thyroid_Function_in_Health_Care_Workers_Exposed_to.7.aspx

Resumen: El 7,1% de los trabajadores mostró un aumento de la hormona estimulante de la tiroides en suero sin alteración de T3 libre o T4 libre. Una relación significativa entre los trabajadores con aumento de la hormona

estimulante de la tiroides y los valores dosimétricos del año anterior y el período de exposición a la radiación de 5 años anterior. En este estudio piloto en un grupo de trabajadores de la salud expuestos a radiación ionizante se observó un mayor riesgo de hipotiroidismo subclínico relacionado con las dosis de radiación.

Estudio 24:

País: Colombia

Autores: Puerta-Ortiz, J., & Morales-Aramburo, J.

Año: 2020

Título: Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

Enlace: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120563320300061>

Resumen: En esta revisión se resumen los principales efectos producidos por las radiaciones ionizantes en el ámbito celular y se describe la inactivación celular a través de curvas de sobrevivencia. Posteriormente se hace una descripción de los principales efectos deterministas producidos por las radiaciones ionizantes, efectos que son generados a altas dosis y que, por tanto, son bien conocidos. Finalmente, se discuten los efectos probabilísticos, que son la base fundamental de la protección radiológica.

Estudio 25:

País: Chile

Autores: Ramos-Avasola, S., Rivera, D., Segura, K., Thraves, E., Durán, A., Soto, V., Gamarra, J., & Ojeda, M. I.

Año: 2020

Título: Análisis citogenético en linfocitos de trabajadores expuestos a radiación ionizante en una unidad de cardiología intervencional de Chile: Estudio piloto y revisión de la literatura.

Enlace:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-85602020000100008&script=sci_arttext&lng=n

Resumen: Se realizó un análisis citogenético destinado a cuantificar las aberraciones cromosómicas en sangre periférica de linfocitos de 6 trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes de la unidad de Cardiología Intervencional y, como controles, 6 muestras de sujetos de la población general fueron analizadas. Se observó un importante contraste en el número de aberraciones cromosómicas presentadas en los trabajadores expuestos en comparación con la población general no expuesta a radiaciones ionizantes, siendo esta de una relación de 6:1, respectivamente. Los resultados preliminares indican una mayor frecuencia de aberraciones cromosómicas en los trabajadores versus la población general, sin embargo, se deberá esperar los resultados de la segunda fase de investigación, donde al ampliar la muestra en análisis se podrán obtener conclusiones estadísticamente significativas.

Estudio 26:

País: Chile

Autores: Ramos-Avasola, S., Uribe, J., Orsi, F., Alarcón, T., Álvarez, J., Angelis, F. de, Gamarra, J., Mora, A., Prieto, A., Godoy, M., León, B., Tapia, A., Robles, I., Arredondo, V., Aguilar, T., Vergara, F., & Sabini, D.

Año: 2020

Título: Descripción de elementos de radioprotección y dosimetría en Unidades de Cardiología Intervencionista Sudamericanas: Un estudio piloto.

Enlace:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-85602020000200105&script=sci_arttext

Resumen: Se realizó una encuesta autoaplicada a 139 trabajadores de salud expuestos a radiaciones ionizantes, de ambos sexos de 7 países, a través de una plataforma on-line, se les consultó sobre características demográficas, dosimétricas y de radioprotección. Los elementos de radioprotección más tradicionales; delantales y cuellos plomados se utilizaron un 99,5 % y 98,4 % respectivamente, aquellos elementos más recientes como gafas, gorros y paños plomados solo alcanzaron un 36,8 %, 6,8 % y 34,2%, de utilización respectivamente, en cuanto a la utilización de los dosímetros, solo un 7,9 % lo hace apegado a las normas de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). Se constató en la muestra analizada una falta de elementos de radioprotección y un uso inadecuado de ellos, urge realizar intervenciones educativas y técnicas para mejorar estos datos.

Estudio 27:

País: 6 países europeos: República Checa, Francia, Alemania, Irlanda, Italia y España

Autores: Satta, G., Loi, M., Becker, N., Benavente, Y., De Sanjose, S., Foretova, L., Staines, A., Maynadie, M., Nieters, A., Meloni, F., Pilia, I., Campagna, M., Pau, M., Zablotska, L. B., & Cocco, P.

Año: 2020

Título: Occupational exposure to ionizing radiation and risk of lymphoma subtypes: Results of the Epilymph European case-control study.

Enlace:

<https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-020-00596-9>

Resumen: No se observó una asociación entre las métricas de exposición a la radiación externa e interna y el riesgo de linfoma (todos los subtipos), ni con el linfoma de células B, o sus subtipos principales, en los niveles que se experimentan regularmente en entornos ocupacionales. Se observó un riesgo elevado de linfoma difuso de células B grandes entre los sujetos del estudio más probablemente expuestos con una intensidad de exposición relativamente más alta, lo que valdría la pena investigar más a fondo. Se justifica una mayor investigación sobre el riesgo de subtipos de linfoma de células B asociados con la exposición ocupacional de bajo nivel a la radiación ionizante externa, y para aclarar si el linfoma debe incluirse entre los resultados del cáncer relacionados con la radiación ionizante.

Estudio 28:

País: Brasil

Autores: Silva-Júnior, F. M. R. da, Tavella, R. A., Fernandes, C. L. F., Mortola, A. S., Peraza, G. G., & Garcia, E. M.

Año: 2020

Título: Genotoxic risk in health-care professionals occupationally exposed to low doses of ionizing radiation.

Enlace: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32539670/>

Resumen: Se recolectaron muestras de sangre y bucales de 36 trabajadores, que participaron activamente en un sector de imagenología de un hospital, que estuvieron expuestos a RI directa o indirectamente (9 control interno y 27 expuestos), y 27 individuos que viven en la misma ciudad pero sin exposición ocupacional (control externo, no expuesto / saludable). Todas las dosis de radiación aplicadas a los 36 trabajadores fueron inferiores a 20 mSv / año, sin exceder el límite de dosis efectiva para la exposición ocupacional. Un cuestionario identificó factores socioeconómicos y de estilo de vida asociados

con los resultados. Los resultados del ensayo MN mostraron una diferencia significativa entre el control interno y el grupo expuesto en comparación con el control externo. hubo diferencias significativas entre el porcentaje de ADN de la cola del grupo expuesto y los controles externos, pero no se encontraron diferencias entre el grupo expuesto y los controles internos. Se encontraron asociaciones de riesgo relativo en el tiempo de exposición, las horas trabajadas por semana y el estrés percibido. Se encontraron correlaciones entre los resultados y la edad, el consumo de alcohol y la frecuencia de las radiografías durante la vida. Las variables que resultaron significativas en el análisis ajustado fueron el color de la piel y la exposición reciente a la radiación. Aunque limitados, los hallazgos de este estudio sugieren genotoxicidad tanto en la sangre como en las células de la mucosa bucal de los trabajadores expuestos directa o indirectamente a la radiación ionizante.

Estudio 29:

País: Polonia

Autores: Skrzypek, M., Wdowiak, A., Panasiuk, L., Stec, M., Szczygieł, K., Zybała, M., & Filip, M.

Año: 2019

Título: Effect of ionizing radiation on the female reproductive system.

Enlace:

<http://www.aaem.pl/Effect-of-ionizing-radiation-on-the-female-reproductive-system,112837,0,2.html>

Resumen: Dentro del rango de dosis bajas recibidas como resultado de la exposición ambiental a la RI, no hay evidencia de la ocurrencia de resultados adversos del embarazo ni de trastornos de la fertilidad en las mujeres. Estos efectos pueden estar relacionados con la radioterapia del cáncer o la exposición a altas dosis de IR durante accidentes nucleares.

Estudio 30:

País: Polonia

Autores: Wdowiak, A., Skrzypek, M., Stec, M., & Panasiuk, L.

Año: 2019

Título: Effect of ionizing radiation on the male reproductive system.

Enlace:

<http://www.aem.pl/Effect-of-ionizing-radiation-on-the-male-reproductive-system.106085,0,2.html>

Resumen: En el contexto de la situación epidemiológica relativa a la prevalencia de la infertilidad, mientras se evalúan los efectos en la salud de la exposición a la radiación infrarroja de origen artificial, incluidas las fuentes médicas, se debe considerar que estas representan un riesgo reproductivo.

Document Information

Analyzed document	Alteraciones clinicas en la salud VA.docx (D111146740)
Submitted	8/10/2021 6:37:00 PM
Submitted by	Janeth Salvador
Submitter email	jesalvador@sangregorio.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	jesalvador.sang@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/8925/INTA_CICVYA_IMYZ_A_Lecuona_RE_Control_biol%C3%B3gico_de_plagas_en_horticultura.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 8/10/2021 6:38:00 PM	 1
W	URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnmol.2020.602801/full Fetched: 8/10/2021 6:38:00 PM	 1
