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

A real and updated look at the effects of radiation dose perceived by patients and workers in the area of radiology

Recibido: 14/01/2020
Aprobado: 03/04/2020

Autores

- Juliana Andrea Bueno Díaz, MD.- Universidad El Bosque- julianabueno04@hormail.com
- Mauricio Romero Uribe, MD.-Fundación Universitaria Juan N. Corpas- malicio73@hotmail.com
- Laura Andrea Chacón Zambrano, MD.- Universidad del Rosario- lauracha93@hotmail.com
- Arcadio Bolaños Ordoñez, MD.- Universidad del Cauca- bolanosordonez@gmail.com

Resumen

Objetivo: Reconocer los efectos secundarios de las dosis de radiación ionizante a los que son sometidas las personas en el área de radiología, frente a las principales ayudas imágenes lógicas.

Método: Se realizó una revisión sistemática de literatura de artículos científicos en bases de datos Clinical key, Since Direct, PUBMED, Elsevier, Journal of American College of Radiology, Springer link) publicados durante los últimos 5 años (2015-2020), que incluyeran exposiciones a dosis de radiación en pacientes y trabajadores del área de radiología, efectos secundarios de dosis de radiación.

Conclusiones: Es importante señalar 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 imageneologicos.

Palabras Claves: Dosis de radiación, radiación ionizante, efectos adversos de la radiación, tecnología radiológica.

Abstract

***Objective**: Recognize the side effects of the doses of ionizing radiation to which people are subjected in the area of radiology compared to the main logical imaging aids.*

***Method:** A systematic literature review of scientific articles in databases Clinical key, Since Direct, PUBMED, Elsevier, Journal of American College of Radiology, Springer link) published during the last 5 years (2015-2020) that included dose exposures of radiation in patients and workers of the radiology area, side effects of radiation dose.*

***Conclusions:** It is important to note that the effects of radiation doses perceived by people in the radiology area (Workers and patients) can vary depending on the prior knowledge,*

education received and the lived experiences of each subject. Likewise, the level of injury is linked to the type of technology available in imaging centers.
Keywords: *Radiation dose, ionizing radiation, adverse effects of radiation, radiological technology.*

Introducción

Los efectos de las dosis de radiación percibidas por los trabajadores y pacientes del área de radiología han obtenido importancia con el paso del tiempo. Esto debido a que características propias de la radiación han ocasionado alteraciones tangibles en las personas y aún más preocupante, se han demostrado trastornos a nivel molecular a largo plazo, desarrollando patologías crónicas como el cáncer, determinantes para la persona y su entorno (1).

De esta manera, para evidenciar los efectos de la radiación de forma tangible, se deben tener en cuenta ciertas condiciones, como por ejemplo la dosis de radiación, el tipo de radiación (ionizante y no Ionizante), la susceptibilidad genética y la edad del paciente, entre otros. Mundialmente se ha aceptado que los efectos de las dosis de radiación en personas del área de radiología (pacientes y trabajadores) son altamente nocivas para su salud, no solo por el desarrollo de patologías crónicas y potencialmente mortales, sino por la afectación en la calidad de vida de cada persona y su entorno socioeconómico. Las patologías desarrolladas como el cáncer no sólo traen consigo múltiples hospitalizaciones, tratamientos extenuantes, sino que además, significan un gran compromiso psicológico y económico para las familias y los sistemas de salud comprometidos. Según el NAACCR de Estados Unidos, el cáncer es una de las patologías que generan mayor aumento en las estadísticas de morbimortalidad de una nación. Dado lo anterior, es importante tener datos reales y actualizados sobre los efectos de las dosis de radiación en personas en el área de radiología.

A través de la historia se han descrito los riesgos que implica la radiación ionizante, aunque están ampliamente compensados por sus beneficios diagnósticos y terapéuticos. Es por esto que, el conocimiento de esos riesgos o efectos adversos produce incertidumbre en el uso de la misma, invitando a un uso racional de dicha ayuda diagnostica optimizando la calidad y disminuyendo los efectos adversos en los pacientes. A continuación, se abordan aspectos concretos sobre los efectos secundarios que trascienden en el paciente, e incluso, al trabajador del área de radiología; la importancia de los mecanismos de limitar la dosis; fisiopatología del daño biológico y por último, la problemática de la falta de conciencia, de información a los pacientes y trabajadores del área de radiología.

Radiacion Ionizante

La radiación ionizante se caracteriza porque es aquella que tiene la capacidad de producir iones en su paso a través de la materia de forma directa o indirecta, es decir, es energía transportada por varios tipos de partículas y rayos emitidos por material radioactivo, equipos de rayos X y por elementos combustibles en reactores nucleares (1).

Esta radiación ionizante incorpora tipos de partículas alfa, y beta que son primordialmente pequeños fragmentos de átomos que se mueven rápidamente. Adicionalmente, los rayos X y rayos Gama son tipos radiación electromagnética (1), que a su vez, contienen cierta cantidad de energía, en el que logran desplazar electrones de moléculas como por ejemplo agua, proteínas, y ácidos nucleicos, con las que interactúan entre si (2). Este proceso se conoce con el nombre de ionización, de donde viene el nombre de radiación ionizante.

Para los pacientes que se exponen ante imágenes diagnósticas, es de vital responsabilidad de parte del trabajador (ya sea el técnico o radiólogo) seleccionar la calidad y cantidad de dosis de radiación que utilizará en la imágenes radiológicas (3), ya que la cuantificación de la cantidad y el tipo de radiación en un paciente permite determinar la afectación de radiación en los diferentes órganos y para ello, hay que tener en cuenta la demografía del paciente, el tamaño del paciente, las regiones corporales expuestas y las proyecciones específicas utilizadas(3).

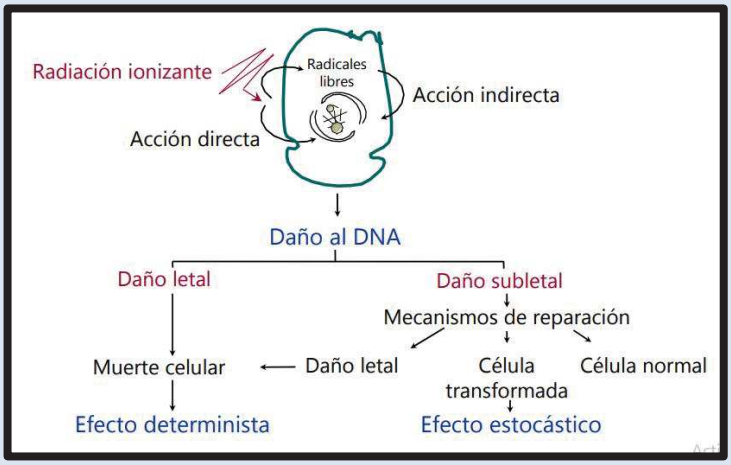
Efectos de radiación

Los efectos secundarios de la radiación ionizante se producen proporcionalmente a la cantidad de radiación absorbida (energía) y la radio sensibilidad de las células que la absorben. Sin embargo, el mecanismo propuesto para el daño celular por radiación ionizante implica la producción de radicales libres. Estos radicales libres interfieren con los enlaces químicos entre las moléculas que regulan los procesos celulares (3, 4). La interacción directa entre la radiación ionizante y las macromoléculas celulares conduce a la mutación del ADN o a la apoptosis. Por otro lado, la interacción indirecta causa daño por radicales libres a las enzimas celulares esenciales. No obstante, la gravedad de la lesión depende del tipo de radiación, la dosis absorbida, la velocidad de absorción y la sensibilidad del tejido frente a la radiación (4).

La radiación se puede expresar como actividad y radiación absorbida en tejidos biológicos en unidades de medidas Gray (Gy) y el Sievert (Sv). Estudios reportan que frente a exposiciones de dosis de 3 a 4 Sv (Sievert, unidad del Sistema Internacional de Medidas) produce la muerte en un 50 % de los casos (5). A los efectos producidos a altas dosis se les denomina

estocásticos, o efectos no estocásticos. Cantidades más altas, desarrollan efectos adversos más complejos como necrosis y gangrena (4).

Esquema 1. Efectos a nivel celular.



Fuente: Elaboración a partir de Revista Argentina de Cardiología, 2009; 77:123-128

Los efectos radiológicos se clasifican en:

Los efectos estocásticos: Son eventos probabilísticos, no tienen un umbral y su probabilidad de ocurrencia aumenta con la dosis. Se consideran graves, equivalentes a un evento fatal. Se producen por daño al ADN (mutación en un oncogén o en un gen supresor de tumores), el cual puede derivar en la producción de cáncer o teratogénesis (6).

Los efectos determinísticos: Se caracterizan por su frecuencia y gravedad, ya que dependen de la dosis y tienen un umbral por debajo del cual no se observan (a nivel clínico). Algunos ejemplos de este tipo de efectos determinísticos incluyen opacidad del cristalino (producción de cataratas inducida por RI) o lesiones en la piel, como eritema o necrosis (6,7).

Tabla 1. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

	Los efectos estocásticos	**Los efectos determinísticos**
Gravedad	Independiente de la dosis	Dependiente de la dosis
Mecanismo	Lesión subletal (de una o pocas células)	Lesión letal de muchas células
Naturaleza	Somáticos o teratogénicos Genéticos	Somáticos
Aparición	Tardía	Inmediata o tardía

Fuente: elaboración a partir de Revista Argentina de Cardiología, 2009; 77:123-128

Dentro de la literatura, según la dosis recibida y acumulada existiendo efectos agudos y efectos tardíos se pueden encontrar:

Efectos agudos (menos de 2 semanas)

Estos efectos se caracterizan porque afectan la capa basal de la epidermis y región germinal de los folículos capilares. Los podemos subdividir en:

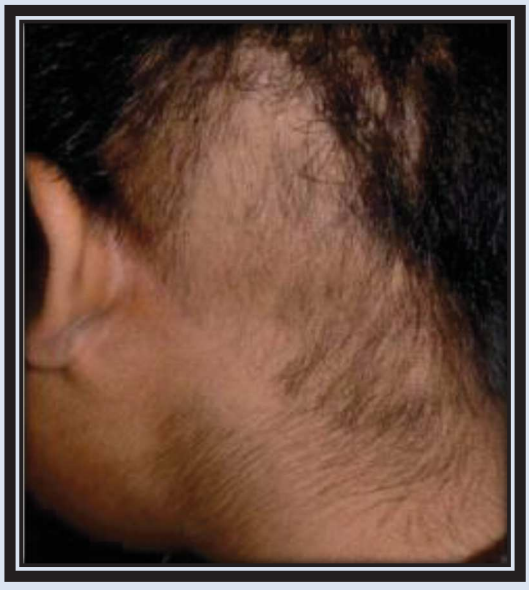
Irradiaciones Globales

La dosis recibida, entre mayor sea la dosis, más precoz, más rica y prolongada es la sintomatología. Son efectos precoces debidos a perdidas celulares. La lesión principal es la aplasia medular. A partir de dosis superiores a 1 Gy para radiaciones X o gamma y 0,3 Gy (8-9)

Irradiaciones Parciales

- **Piel:** A partir de 10 Gy para radiaciones X y gamma y en exposiciones de pocos minutos, se produce una radiodermitis exudativa.
- **Pelo:** Existe la alopecia tras irradiación localizada del cuero cabelludo, en exposiciones de pocos minutos e iguales o superiores a 3 Gy.
- **Gónadas:** Las células testiculares son muy radiosensibles y a partir de dosis de 0,3 Gy, en exposiciones de pocos minutos se produce oligospermia. Dosis superiores a 4 Gy pueden entrañar esterilidad definitiva.
- **En la mujer los ovarios** tienen una radiosensibilidad menor y la esterilidad se produce a dosis superiores 8 Gy.

Imagen 1. Alopecia tras irradiación localizada del cuero cabelludo.



Fuente: Marta Aguirre, Leticia Suso, Florencia Galdeano; 2017.



Fuente: Marta Aguirre, Leticia Suso, Florencia Galdeano; 2017

Efectos tardíos (mayor de 40 semanas)

Ojo: Catarata, a partir de dosis acumuladas para el cristalino de 10 Gy en radiaciones X y 0,8 Gy en neutrones. Piel: Radiodermitis crónicas, con atrofia, hiperqueratosis y telangiectasias, en exposiciones repetidas de 5 mGy/día y dosis acumulada superior a 10 Gy.

Embrión y Feto: En ciertas ocasiones accidentales, la irradiación de la mujer embarazada puede conducir a malformaciones fetales, que dependen de la dosis recibida en el feto y del momento de la irradiación en el curso de la vida fetal (8,9). Dentro de las manifestaciones encontramos:

Malformaciones cerebrales, malformaciones óseas: A partir de dosis de 0,3 Gy en la fase de organogénesis. Adicionalmente, encontramos con mayor frecuencia retraso intelectual: con dosis recibidas en el feto, superiores a 0,5 Gy después de la 8ª semana de gestación (8).

Radiación en embarazo

Entrando en más profundidad con este topico, es de suma importancia reconocer la dosis de radiación y los efectos que repercuten en población de mujeres en estado de embarazo y definir el riesgo para los niños a nivel intrauterino (10, 11). Si un embrión o feto es expuesto a la radiación en el momento de formación de los órganos, la exposición puede causar defectos en el desarrollo, tales como la reducción del diámetro de la cabeza o retraso mental. (12).

Existen estudios de quienes fueron expuestos antes del nacimiento, en los bombardeos atómicos, han demostrado que el retraso mental es principalmente consecuencia de la exposición durante el período entre la 8ª y 15ª semanas después de la concepción (9, 11).

Para la exposición durante el trimestre más sensible, es desde la 8 ªa la 15ª semana de embarazo, sin embargo, la disminución en el coeficiente intelectual depende directamente de la dosis absorbida. Por ejemplo, una dosis de 5 mSv al feto durante esta fase del embarazo produciría una disminución en el coeficiente intelectual de 0,15 puntos, lo cual es indetectable. No obstantes a grandes dosis al feto pueden causar la muerte o una malformación masiva. El umbral para estos efectos está entre 0,1 Sv y 1 Sv o más, dependiendo del lapso transcurrido desde la concepción.

Reacciones tisulares

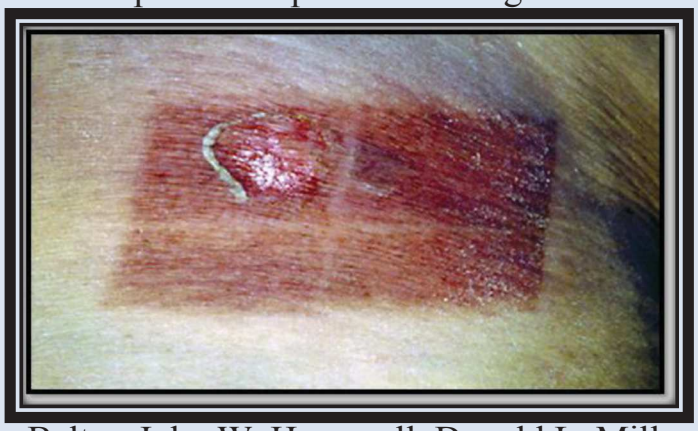
Actualmente existen dos tipos de efectos, los tempranos y los tardíos. Los efectos tempranos pueden ser a su vez efectos graves y se producen a dosis muy elevadas (> 80 Gy)(7). Y se manifiestan lesiones de forma variable como ulceración o necrosis total. Estas se desarrollan entre 14 y 25 días después de la exposición. Adicionalmente, el mecanismo de la radiación inhibe la proliferación celular y la producción de células nuevas (8).

Por otro lado, los efectos tardíos se pueden clasificar en genéricos y secuenciales, dependiendo de si aparecen en el tejido irradiado directamente (tejido blanco) o en otros tejidos no irradiados de forma directa, con representación de dosis absorbida entre 7 a 20 Gy para las reacciones tempranas (se usa 10 Gy como un valor promedio) y de 0,5 a 6 Gy para las reacciones tardías (8).

Reacciones tempranas

- ✓ La principal reacción es una reacción eritematosa e inflamatoria secundaria a los efectos que ocurren en la epidermis (9).
- ✓ La epidermis puede mostrar hiperplasia antes de la recuperación completa. Esto es evidente clínicamente como descamación seca (9).

Imagen 2. Eritema temprano y descamación húmeda en desarrollo en una mujer diabética causada por una exposición radiográfica de localización.



Fuente: Stephen Balter, John W. Hopewell, Donald L. Miller, Enero; 2010.

Imagen 3. Eritema temprano y descamación húmeda en desarrollo en una mujer diabética causada por una exposición radiográfica de localización.

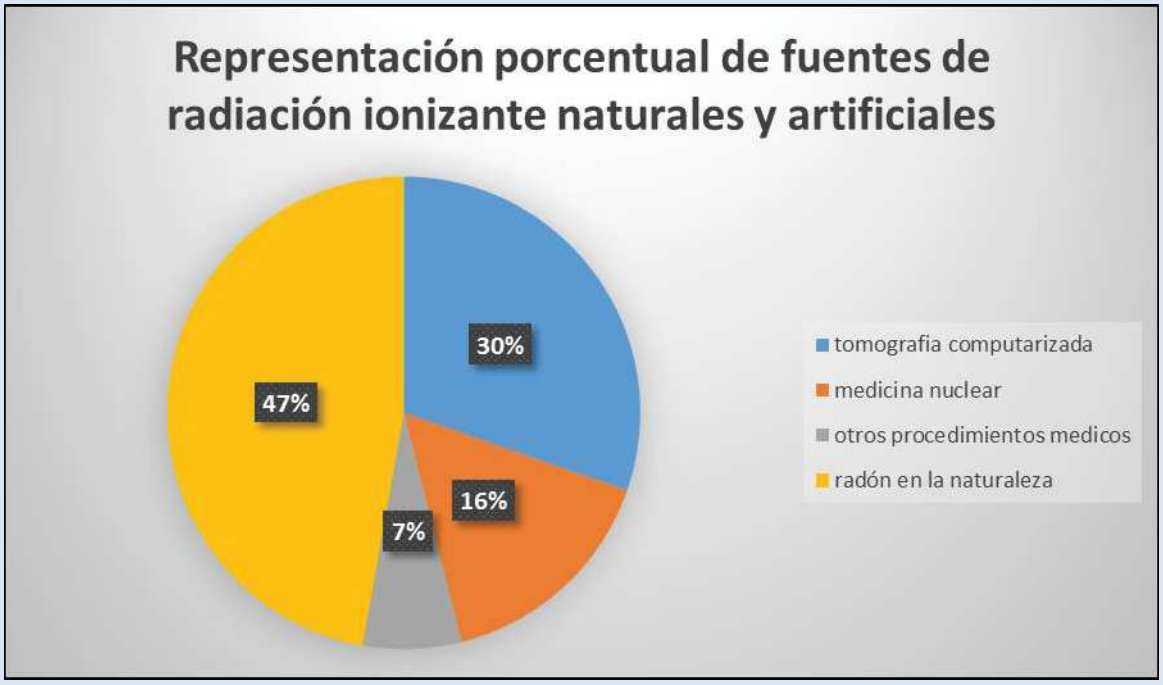


Fuente: Stephen Balter, John W. Hopewell, Donald L. Miller. Enero; 2010.

En la actualidad, se conoce el amplio rango de beneficios que pueden traer la radiación. Un ejemplo de ello son todas las actividades médicas que se pueden realizar para dar con un diagnóstico certero y tratamiento de múltiples patologías, sin embargo, cabe resaltar que tanto el desconocimiento como la confianza extrema han demostrado ser causa de múltiples efectos lesivos para las personas afectando desde su biología hasta su citogenética, produciendo en los casos más extremos lesiones de por vida, incapacitantes o con alta carga mórbida. Es por ello, que se debe hacer énfasis en cumplir con todas las pautas de seguridad, tanto para el paciente como para el médico tratante, ya que en ocasiones por el tiempo en el campo y la constante realización de estos procedimientos, se genera prepotencia y pobre atención a los pequeños detalles que marcan la real diferencia entre un procedimiento seguro y el que no lo es (9,10).

Sin embargo, es claro que a pesar de existir múltiples artículos que señalan la problemática entre los efectos deletéreos y la dosis de radiación, ha sido poco satisfactoria, ya que la mayoría de los estudios han sido de pobre fuerza estadística y en muchas ocasiones no se logra calcular adecuadamente la dosis de radiación a la cual esta siendo expuesto el médico y el paciente, por lo que el dato alcanzado en muchas ocasiones puede estar sesgado por los investigadores.

Gráfico 1. Fuentes de radiación ionizante naturales y artificiales.



Fuente: Cardiología intervencionista y Hemodinamia; 2017

Dosis de radiación en el trabajador en el área de radiología

Se estima que el límite de dosis efectiva para trabajadores expuestos en el área de radiología será de 100 mSv durante todo el periodo de 5 años consecutivos, sujetos a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial (9).

A los trabajadores expuestos, en caso de superación o sospecha fundada de superación de los límites de dosis correspondientes, se les realizará una vigilancia sanitaria especial por un Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, según se establece en el artículo 45 del Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (9). Con lo anterior mencionado, se destaca los protocolos que se tienen en cuenta en prevención y seguimiento de los efectos biológicos que cursa la radiación ionizante para el trabajador, además de hacer énfasis en las medidas de bioseguridad.

Según el artículo Radiación ionizante: revisión de tema y recomendaciones para la práctica del 2017, mencionan que la exposición de un cardiólogo intervencionista tiene una exposición anual a radiación que oscila entre 2-5 mSv año (equivalente a 150 radiografías de tórax año); en 30 años de trabajo la dosis de radiación aproximada equivale a 100 mSv. Dicha cantidad de radiación acumulada se asocia con la aparición de cáncer (mortal y no mortal) por cada 100 sujetos expuestos y un cáncer mortal en 200 sujetos expuestos.

Cabe mencionar que la problemática también abarca para el personal médico en el servicio de urgencias, es decir, según estudios, reportan el número descontrolado de solicitud de imágenes diagnósticas por parte del personal medico en área de urgencias. La mayoría de la radiación de las imágenes médicas surge de la tomografía, donde esta ha crecido exponencialmente en las últimas décadas, sin seguimiento continuo de dosis de radiación (si lo requiere) para los pacientes; en otras palabras, los estudios han demostrado falta de conocimiento entre los medicos (en especial desde área de urgencias) acerca de los conceptos básicos sobre este tema.

Conclusiones

- ✓ La dosis de radiación absorbida en los pacientes que son expuestos a ciertos procedimientos es considerada baja y raramente causa daño significativo en los tejidos, sumando la importancia de conocer previamente la dosis total acumulada para cada persona para evitar estos efectos indeseables.
- ✓ Según el tipo de imagen radiológica cambian las dosis de radiación, y la radiografía es un método de diagnóstico seguro y útil, donde los pacientes se exponen a cantidades mínimas de radiación ionizante. El beneficio que se obtiene sobrepasa cualquier riesgo probable siempre que se tengan en cuenta las medidas de seguridad para ello.
- ✓ Se puede concluir que a pesar de las imágenes diagnósticas son un gran avance de la medicina para el diagnóstico y tratamiento de los pacientes, existe la falta de conciencia sobre la información de las dosis de radiación a la que se exponen paciente con tratamientos como radioterapia.

Responsabilidades morales, éticas y bioéticas

Protección de personas y animales: los autores declaramos que, para este estudio, no se realizó experimentación en seres humanos ni en animales. Este trabajo de investigación no implica riesgos ni dilemas éticos, por cuanto su desarrollo se hizo con temporalidad retrospectiva. El proyecto fue revisado y aprobado por el comité de investigación del centro hospitalario. En todo momento se cuidó el anonimato y confidencialidad de los datos, así como la integridad de los pacientes.

Confidencialidad de datos: Los autores declaramos que se han seguido los protocolos de los centros de trabajo en salud, sobre la publicación de los datos presentados de los pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: Los autores declaramos que en este escrito académico no aparecen datos privados, personales o de juicio de recato propio de los pacientes.

Financiación: No existió financiación para el desarrollo, sustentación académica y difusión pedagógica.

Potencial Conflicto de Interés(es): Los autores manifiestan que no existe ningún(os) conflicto(s) de interés(es), en lo expuesto en este escrito estrictamente académico.

Referencias

1. Fuentes Leonor, Torres Felipe, Valencia Victor, Efectos biológicos de los Rayo-X en la práctica de Estomatología, Rev haban cienc méd; 3jun. 2015 vol.14

2. Walter Huda, Kerma-Area Product in Diagnostic Radiology, American Journal of Roentgenology, December 2014, Volume 203.

3. D. Andisco, S. Blanco y A.E. Buzzi, Dosimetría en radiología, Revista Argentina de Radiología; 2015, Volumen 78

4. Cari Borrás Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, since direct; 2016

5. Stephen Balter , John W. Hopewell, Donald L. Miller, Louis K. Wagner, Michael J. Zelefsky , Fluoroscopically Guided Interventional Procedures: A Review of Radiation Effects on Patients' Skin and Hair, radiology; Jan 7 2015.

6. Jan D. Blankensteijn y Leo J. Schultze Kool, Computed Tomography, Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy; Chapter 27, 313-326.e2

7. John R. Haaga, Floro Miraldi y Ernest J. Wiesen TC y RM. Diagnóstico por imagen del cuerpo humano, Física básica de la TC, instrumentación y parámetros para el control de la dosis; capitulo 51, 2645-2692

8. Department of Cellular Biolog, Estimation of the effects of medical diagnostic radiation exposure based on DNA damage, Journal of Radiation Research; 2018, Vol. 59, No. S2

9. Guojiang Zhou, Li Peng, Wei Gao,Ying Zou, The acute effects of ultraviolet radiation exposure on solar dermatitis in Shanghai, China, International Journal of Biometeorology ; 2019

10. Shayenthiran Sreetharan, Christopher Thome, Sujeenthar Tharmalingam; Ionizing Radiation Exposure During Pregnancy: Effects on Postnatal Development and Life; 18 April 2017

11. Elisa pascual, Neurodevelopmental effects of low dose ionizing radiation exposure: A systematic review of the epidemiological evidence. Environment International; March 2020 Volume 136, 105371

12. Jadwiga (Jodi) Strzelczyk, John Damilakis, M. Victoria Marx. Facts and Controversies About Radiation Exposure, Part 2: Low-Level Exposures and Cancer Risk. American College of Radiology; 2007; 4:32-39. Disponible en: https://www.jacr.org/article/S1546-1440 (06)00398-X/abstract
13. Anand K. Narayan, MD, PhDa , Daniel Brotman, MDa , Leonard S. Feldman, MDa , Mahadevappa Mahesh. Physicians' Perceptions of Radiation Dose Quantity Depend on the Language in Which It Is Expressed; American College of Radiology, 2016; 13:909-913. Disponible en: https://www.jacr.org/article/S1546-1440 (16)30117-X/abstract
14. Ditkofsky, N., Shekhani, H. N, Cloutier, M., Chen, Z. N., Zhang, C., & Hanna, T. N. (2016). Ionizing Radiation Knowledge Among Emergency Department Providers. Journal of the American College of Radiology, 2016
15. Carlos Ubeda, Eliseo Vaño, Rafael Ruiz, Pablo Soffia S, Niveles de referencia para diagnóstico: Una herramienta efectiva para la protección radiológica de pacientes, Rev. chil. radio; 2019, vol.25.
16. Spyridon Monastiriotis, MD, Matthew Comito, MD, and Nicos Labropoulos, Radiation exposure in endovascular repair of abdominal and thoracic aortic aneurysms, 2015; 62:753-61
17. Milind Y. Desai MD Christine L. Jellis MD, PhD, Rupesh Kotecha MD, Douglas R. Johnston MD, Radiation-Associated Cardiac Disease; 2018-08-01, Volume 11, Issue 8, Pages 1132-1149.
18. Colin J. McCarthy, Vinit Baliyan, Hamed Kordbacheh, Zafar Sajjad, Dushyant Sahani and Avinash Kambadakone, Radiology of renal stone disease; nternational Journal of Surgery, 2016-12-01, Volume 36.
19. Thorarin A. Bjarnason PhD, MCCPM, Yogesh Thakur PhD, MCCPM, Santanu Chakraborty MD, Peter Liu MD, Martin E. O'Malley MD, Richard Coulden MD and John Mayo MD, Canadian Association of Radiologists Radiation Protection Working Group: Automated Patient-Specific Dose Registries—What Are They and What Are They Good for? Canadian Association of Radiologists Journal, 2015-08-01, Volume 66
20. YiQi Yang, Yeung Yam BSc, Li Chen MSc, Ahmed Aljizeeri MD, Assessment of left ventricular ejection fraction using low radiation dose computed tomography; Journal of Nuclear Cardiology volume 23, 2016;
21. Hari Menon, Dawei Chen, Rishab Ramapriyan, Vivek Verma, Hampartsoum B. Barsoumian,,Influence of low-dose radiation on abscopal responses in patients receiving high-dose radiation and immunotherapy; Journal for ImmunoTherapy of Cancer volume 7;2019.
22. Sreetharan S1, Thome C2, Tharmalingam S, Ionizing Radiation Exposure During Pregnancy: Effects on Postnatal Development and Life, 017 Jun; 187(6).

23. Procedimientos de intervención guiados fluoroscópicamente: una revisión de los efectos de la radiación en la piel y el cabello de los pacientes, Radiology; Stephen Balter, John W. Hopewell, Donald L. Miller, Enero; 2017
24. Radiación ionizante: revisión de tema y recomendaciones para la práctica; Aníbal E. Badel, Juan S. Rico-Mesa, María C. Gaviria, Daniela Arango-Isaza, César A. Hernández Chica Cardiología intervencionista y Hemodinamia.; 2017
25 .Alopecia transitoria inducida por radiación luego de procedimientos endovasculares. ¿Qué sabemos los dermatólogos acerca de esta patología? Reporte de cuatro casos clínicos, Marta Aguirre, Leticia Suso, Florencia Galdeano; 2017
26. Guojiang Zhou, Li Peng, Wei Gao,Ying Zou, The acute effects of ultraviolet radiation exposure on solar dermatitis in Shanghai, China, *International Journal of Biometeorology* ; 2019
27. Department of Cellular Biolog, Estimation of the effects of medical diagnostic radiation exposure based on DNA damage, Journal of Radiation Research; 2018, Vol. 59
28. John R. Haaga, Floro Miraldi y Ernest J. Wiesen TC y RM. Diagnóstico por imagen del cuerpo humano, Física básica de la TC, instrumentación y parámetros para el control de la dosis; capitulo 51; 2016
29. Jan D. Blankensteijn y Leo J. Schultze Kool, Computed Tomography, Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy; Chapter 27; 2017
30. Stephen Balter , John W. Hopewell, Donald L. Miller, Louis K. Wagner, Michael J. Zelefsky , Fluoroscopically Guided Interventional Procedures: A Review of Radiation Effects on Patients' Skin and Hair, radiology; Jan 7 2015.
31. Cari Borrás Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, since direct; 2015
32. D. Andisco, S. Blanco y A.E. Buzzi, Dosimetría en radiología, Revista Argentina de Radiología; 2015, Volumen 78
33. Walter Huda, Kerma-Area Product in Diagnostic Radiology, American Journal of Roentgenology, December 2016, Volume 203
34. Dosimetría en radiología, D. Andisco, S. Blanco; Revista Argentina de Radiología, 2014-04-01, Volumen 78
31. Computed Tomography, Jan D. Blankensteijn, Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy, Chapter 27; 2016