



DOI: <https://doi.org/10.5554/22562087.e1083>

Exposición ocupacional a la radiación en anestesia para quimioembolización hepática: un estudio prospectivo

Occupational radiation exposure in anesthesia for hepatic chemoembolization: a prospective study

William Jaramillo-Garzón^a , Gustavo Andrade^b, Helen J. Khoury^c ^aEscuela de Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.^bAngiorad. Recife, Brasil.^cDepartamento de Energía Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Brasil.**Correspondencia:** Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Avenida Central del Norte 39-115, 150003. Tunja, Colombia.**E-mail:** william.jaramillo01@uptc.edu.co

Resumen

¿Qué sabemos acerca de este problema?

La quimioembolización hepática es un procedimiento de radiología intervencionista utilizado en el mundo entero para el tratamiento de pacientes con carcinoma hepatocelular. Para realizar este procedimiento deben estar presentes en la sala de rayos X distintos profesionales clínicos, entre ellos el anestesiólogo.

Debido a su complejidad, durante los procesos de quimioembolización se deben utilizar imágenes de fluoroscopia y de angiografía por sustracción digital por períodos prolongados, exponiendo al paciente y al personal médico a altas dosis de radiación. Para los procedimientos de quimioembolización hepática ya hemos informado previamente acerca de las dosis oculares que recibe el operador principal, pero hasta la fecha no hay datos con respecto a los niveles de exposición del anestesiólogo.

¿Qué aporta este estudio de nuevo?

En este estudio se realizó dosimetría ocupacional a fin de calcular las dosis recibidas por los anestesiólogos que participan en procedimientos de quimioembolización hepática. Contar con un registro de exposición ocupacional de este tipo ayuda a optimizar las prácticas de protección contra la radiación de cada uno de los profesionales presentes en la sala de radiología y también a comprender los mecanismos de la respuesta biológica a dosis bajas de rayos X.

¿Como citar este artículo?

Jaramillo-Garzón W; Andrade G; Khoury HJ. Occupational radiation exposure in anesthesia for hepatic chemoembolization: a prospective study. Colombian Journal of Anesthesiology. 2023;51:e1083.

Introducción

El anestesiólogo desempeña un papel importante durante los procedimientos de radiología intervencionista. Al igual que el operador principal, el anestesiólogo también puede estar expuesto a niveles significativos de radiación en la sala de fluoroscopia. Debido a su complejidad, durante los procedimientos de quimioembolización hepática se deben utilizar imágenes de fluoroscopia y angiografía de sustracción digital por períodos prolongados, exponiendo a los pacientes y al personal médico a dosis elevadas de radiación.

Objetivo

Evaluar y cuantificar la radiación a la cual se expuso un anestesiólogo durante el transcurso de siete procedimientos consecutivos de quimioembolización hepática, y comparar con la exposición recibida por el operador principal.

Métodos

Evaluación de la dosimetría ocupacional durante siete procedimientos consecutivos de quimioembolización hepática realizados en un hospital privado de Recife (Brasil) por medio de dosímetros termoluminiscentes ubicados en regiones de la cabeza y el torso.

Resultados

Para los siete procedimientos evaluados en este estudio, el anestesiólogo recibió, en promedio, dosis absorbidas en el entrecejo, la ceja izquierda, la ceja derecha y dosis efectivas de $142,4 \pm 72 \mu\text{Sv}$, $117,3 \pm 66 \mu\text{Sv}$, $137,8 \pm 71 \mu\text{Sv}$ y $12,4 \pm 8,4 \mu\text{Sv}$, respectivamente.

Conclusiones

En algunos casos, la dosis ocular y la dosis efectiva que recibe el anestesiólogo puede ser, respectivamente, entre 4 y 4,7 veces más alta que la que recibe el operador principal. De acuerdo con los resultados de este estudio, el límite ocupacional anual de dosis en cristalino (20 mSv) se puede superar con apenas dos procedimientos de quimioembolización hepática a la semana en caso de no garantizarse las condiciones adecuadas de protección contra la radiación.

Palabras clave

Quimioembolización; Límite de dosis; Radio-protección; Equivalente de dosis personal; Dosímetro; Anestesiología.

Read the English version of this article on the journal website www.revcolanest.com.co

Copyright © 2023 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación (S.C.A.R.E.).

Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Abstract

Introduction: Anesthetists play an important role during interventional radiology procedures. Like the main operator, anesthetists may also be subject to significant radiation levels in the fluoroscopy suite. Due to its complexity, hepatic chemoembolization procedures demand high fluoroscopic times and digital subtraction angiography images, exposing patients and medical staff to high radiation doses.

Objective: To assess and quantify the radiation to which one anesthetist was exposed over the course of seven consecutive hepatic chemoembolization procedures, and compare it to the exposure received by the main operator.

Methods: Medical staff dosimetry was evaluated during seven consecutive hepatic chemoembolization procedures conducted in a private hospital in Recife (Brazil), using thermoluminescent dosimeters placed in regions of the head and torso.

Results: For the seven procedures evaluated in this study, the anesthetist received, on average, absorbed doses to the glabella, left eyebrow, right eyebrow and effective dose of $142.4 \pm 72 \mu\text{Sv}$, $117.3 \pm 66 \mu\text{Sv}$, $137.8 \pm 71 \mu\text{Sv}$ and $12.4 \pm 8.4 \mu\text{Sv}$, respectively.

Conclusions: In some cases, ocular dose and effective dose received by the anesthetist may be 4 and 4.7 times greater, respectively, when compared to the main operator. According to the results of this study, the current occupational annual dose limit to the lens of the eye of 20 mSv can be exceeded with only two hepatic chemoembolization procedures per week if adequate radiation protection conditions are not guaranteed.

Keywords: Chemoembolization; Dose limit; Radioprotection; Personal dose equivalent; Dosimeter; Anesthesiology.

INTRODUCCIÓN

La quimioembolización hepática es un procedimiento de radiología intervencionista utilizado en el mundo entero para el tratamiento de pacientes con carcinoma hepatocelular. Durante la realización del procedimiento deben estar presentes en la sala de rayos X distintos profesionales clínicos, entre ellos el anestesiólogo. Debido a su complejidad, los procedimientos de quimioembolización requieren la adquisición de imágenes de fluoroscopia y de angiografía por sustracción digital durante períodos prolongados, exponiendo al paciente y al personal médico a dosis elevadas de radiación (1,2).

Las dosis efectivas para los radiólogos que intervienen en procedimientos de quimioembolización (3.16 mSv) son comparables o más altas que las dosis que se reciben durante otros procedimientos intervencionistas como son la ablación por radiofrecuencia (4.26 mSv), la angiografía cardíaca (1.41 mSv) y las intervenciones cerebrovasculares (0.83 mSv), respectivamente (3).

Khoury y cols. (2) demostraron que los radiólogos que realizan procedimientos de quimioembolización hepática pueden recibir dosis efectivas y dosis al cristalino de hasta $41 \mu\text{Sv}$ y $894 \mu\text{Sv}$ por procedimiento,

respectivamente. Con base en estos resultados y considerando los límites de dosis ocupacionales recomendados por la Agencia Internacional de Energía Atómica (4), los autores concluyen que un radiólogo que realiza procedimientos de quimioembolización sin las debidas medidas de protección podría llegar al límite anual de la dosis equivalente ocular de 20 mSv con sólo un procedimiento a la semana.

La mayoría de los estudios han reportado datos sobre la dosis ocupacional recibida por el operador principal en quimioembolización hepática; sin embargo, hasta la fecha no hay datos dosimétricos de los niveles de exposición que recibe el anestesiólogo que interviene en este tipo de procedimiento. El objetivo de este estudio fue evaluar la exposición a la radiación de un anestesiólogo y del operador principal en el transcurso de siete procedimientos consecutivos de quimioembolización hepática realizados en un hospital privado en Recife, Brasil.

MÉTODOS

Este estudio se realizó en un hospital privado de la ciudad de Recife, Brasil, entre el 21 y el 27 de enero de 2023, con la aprobación

del Sistema Nacional Brasileño de Ética en la Investigación (SISNEP) bajo el número certificado 53083016.2.0000.5198 (CAAE). Se monitorizó a un anestesiólogo de 35 años de edad durante siete procedimientos consecutivos de quimioembolización hepática (un procedimiento por día) realizados en pacientes con carcinoma hepatocelular. Los procedimientos estuvieron a cargo de un radiólogo intervencionista experimentado, y se realizaron bajo anestesia local y sedación leve, a través de la arteria femoral derecha, utilizando un sistema de angiografía intervencionista Artis zeego (Siemens-Healthineers). La vasculatura arterial hepática de los pacientes se visualizó mediante imágenes de angiografía por sustracción digital (DSA) utilizando en la mayoría de casos la proyección postero-anterior (PA).

En la mayoría de los procedimientos, el anestesiólogo permaneció en una posición relativamente segura dentro de la sala de rayos X (P1, aproximadamente a dos metros y medio del iso-centro del equipo de angiografía), como se ilustra en la Figura 1. Durante dos de los procedimientos, el anestesiólogo permaneció cerca del paciente para monitorizar la función hemodinámica, como se ilustra en la Figura 2 (posición P2) y en la Figura 3 (posición P3). Para todos los procedimientos, tanto el operador principal

Figura 1. Posición relativamente segura del anestesiólogo en la sala de rayos X.



Fuente: Autores.

Figura 2. El anestesiólogo monitoriza la función hemodinámica del paciente durante el procedimiento de quimioembolización hepática.



Fuente: Autores.

como el anestesiólogo utilizaron chalecos y cuellos plomados de un grosor equivalente de 0,5 mm, pero no usaron gafas plomadas.

Para cada procedimiento se extrajeron parámetros dosimétricos como el producto kerma en aire - área (PKA) y el tiempo de fluoroscopia a partir del reporte de dosis generado por el angiógrafo a través del sistema DICOM (Sistema de Imagen y Comunicación Digital en Medicina).

Las dosis recibidas por el anestesiólogo y el operador principal se registraron con dosímetros termoluminiscentes (TLD-100, Thermo Scientific) ubicados cerca de los ojos, la tiroides (sobre el cuello plomado) y sobre el pecho (debajo del chaleco). Las dosis absorbidas oculares se expresaron en términos de la cantidad operacional, equivalente de dosis personal, Hp (3), métrica adecuada para monitorizar la dosis a nivel del cristalino (4). La dosis efectiva (E) se calculó por medio del siguiente algoritmo de doble dosimetría propuesto por von Boetticher y cols. (5)

$$E = 0.84H_{p,u}(10) + 0.051H_{p,o}(10)$$

donde $H_{p,u}(10)$ y $H_{p,o}(10)$ corresponden a las lecturas del equivalente de dosis personal Hp (10) de los dosímetros colocados sobre el pecho debajo del chaleco y sobre el protector de tiroides en el cuello, respectivamente.

Por último, se evaluó el promedio de la relación entre la dosis al cristalino/equivalente de dosis personal Hp,o (10) a fin de determinar una posible correlación entre la dosis ocular y la dosis corporal. Las mejores correlaciones se dan por la más baja distribución del índice promedio de la dosis del cristalino/Hp,o (10).

Para el análisis de los datos, las variables cuantitativas se expresaron en términos de la media y desviación estándar. Para el análisis estadístico se utilizó el software Originpro 9.1.

RESULTADOS

En la **Tabla 1** se presentan los valores medios y desviación estándar para las dosis oculares, al igual que los valores de la dosis efectiva y el equivalente de dosis personal

Hp (10) en el tórax (debajo del chaleco) y en el cuello (encima del protector) por procedimiento, para el anestesiólogo monitorizado en este estudio. La media de PKA y los valores del tiempo de fluoroscopia en este estudio fueron de $(338,2 \pm 198)$ Gy*cm² y $(18,5 \pm 7.6)$ min, y están en concordancia con los reportados en la literatura para quimioembolización hepática (1,2). Para los siete procedimientos del estudio, el anestesiólogo recibió, en promedio, dosis absorbidas de radiación al entrecejo, la ceja izquierda, la ceja derecha, y dosis efectivas de $142,4 \pm 72$ μSv, $117,3 \pm 66$ μSv, $137,8 \pm 71$ μSv y $12,4 \pm 8.4$ μSv, respectivamente. En cuanto al operador principal, los valores promedio de Hp (3) por procedimiento para el entrecejo, la ceja izquierda y la ceja derecha fueron de $257,2 \pm 119$ μSv, $345,7 \pm 169$ μSv y $88 \pm$

62 μSv, respectivamente, como se ilustra en la **Tabla 2**. La dosis efectiva promedio fue de 15 ± 10 μSv.

La comparación de nuestros resultados con los datos de otros estudios (**Tabla 3**) muestra que las dosis para el anestesiólogo en procedimientos de quimioembolización hepática son comparables a las dosis reportadas para otros procedimientos intervencionistas complejos como la embolización de la arteria prostática y los procedimientos neurológicos (6,7).

Las relaciones del valor medio de dosis ocular / Hp,o (10) para el entrecejo, la ceja izquierda y la ceja derecha fueron $2,1 \pm 3,1$, $1,1 \pm 0,5$ y $2,0 \pm 2,9$. Estos resultados muestran que la mejor correlación entre Hp (3) y Hp,o (10) se observó para el valor de la dosis al ojo izquierdo.

Tabla 1. Promedio de los valores Hp (3) por región ocular, dosis efectiva y Hp (10) por procedimiento para los siete procedimientos de quimioembolización de este estudio.

Procedimiento	Hp(3) μSv			Dosis efectiva (μSv)	Hp,u(10) (μSv)	Hp,o(10) (μSv)
	Entrecejo	Ceja izquierda	Ceja derecha			
1	111,6	78,5	130,2	7,0	1,3	115,9
2	204,0	229,8	196,5	19,8	5,7	294,6
3	257,7	148,1	257,9	25	12,2	288,1
4	46,6	44,3	48,6	4,7	3,0	41,7
5	79,0	81,1	71,4	12,2	9,6	80,3
6	144,9	74,7	136,8	2,2	1,7	15,9
7	152,9	164,7	123,3	16	8,2	179
Media	142,4	117,3	137,8	12,4	6,0	145,1
Desviación estándar	72,3	65,6	71,3	8,4	4,2	113

Hp,u(10): Lectura del dosímetro colocado en la región torácica, debajo del chaleco.

Hp,o(10): Lectura del dosímetro colocado en el cuello, sobre el protector plomado.

Fuente: Autores.

Tabla 2. Promedio de dosis oculares y valores de las dosis efectivas correspondientes a los siete procedimientos de quimioembolización hepática para al anestesiólogo y el operador principal en este estudio.

Médico	Hp (3) ± SD (μSv)			Dosis efectiva ± DE (μSv)
	Entrecejo	Ceja izquierda	Ceja derecha	
Anestesiólogo	142,4 ± 72,3	117,3 ± 65,6	137,8 ± 71,3	12,4 ± 8,4
Operador principal	257,2 ± 119	345,7 ± 169	88 ± 62	15 ± 10

DE = Desviación estándar.

Fuente: Autores.

Tabla 3. Comparación de las dosis recibidas por los anestesiólogos ($\mu\text{Sv Gy}^{-1}\text{cm}^{-2}$) en este y otros estudios.

Estudio	Casos	Procedimiento	Hp(3) cristalino /PKA Media (rango)	$(E)/P_{KA}$ Media (rango)
Nuestro estudio (2023)	7	Quimioembolización hepática	0,392 (0,137-0,734)	0,047 (0,003-0,094)
Garzón y cols. (2019)	10	Embolización de arteria prostática	0,373 (0,109-0,833)	0,045 (0,004-0,213)
Kong y cols. (2015)	12	Neurología	0,384 (0,093-1,353)	0,371 (0,004-1,287)
	9	Vertebroplastia (tórax)	0,592 (0,144-1,337)	0,050 (0,013-0,156)

Fuente: Autores.

Figura 3. Anestesiólogo de pie al lado derecho del paciente.



Fuente: Autores.

DISCUSIÓN

Si bien hay varios estudios que han informado acerca de los niveles ocupacionales de radiación a los cuales se exponen los anestesiólogos en diferentes procedimientos de radiología intervencionista (8-11), es poco lo que se sabe acerca de las dosis de radiación durante los procedimientos de quimioembolización hepática. En este estudio se calcularon la dosis al cristalino y la dosis efectiva para un anestesiólogo

presente en siete procedimientos consecutivos de quimioembolización hepática. Se reporta, además, la dosis ocupacional del radiólogo que realizó los procedimientos.

Los resultados mostraron que las dosis promedio para el operador principal, por procedimiento, fueron más elevadas que las que recibió el anestesiólogo, a excepción de la región de la ceja derecha. Esto era de esperarse considerando que el operador principal permanece al lado derecho del paciente y del tubo de rayos X durante

el procedimiento. En efecto, prácticamente en la totalidad de los procedimientos radiológicos endovasculares, el radiólogo intervencionista realiza el acceso a través de la arteria femoral derecha al nivel de la ingle (12). En comparación con el operador principal, el anestesiólogo normalmente se ubica a la izquierda del paciente y su posición es variable (7).

La dosis promedio que recibió el anestesiólogo en la región de la ceja derecha por procedimiento fue 36% más alta que la del operador principal (véase la Tabla 2). El análisis de los datos mostró que las dosis de radiación absorbidas en el ojo derecho del anestesiólogo fueron 3,1 (196,5 μSv vs 62,7 μSv) y 4 (257,9 μSv vs 64,9 μSv) veces más altas que las que recibió el operador para los procedimientos 2 y 3, respectivamente. Esto se puede atribuir al hecho de que, durante esos procedimientos, el anestesiólogo permaneció con el lado derecho de su cuerpo cerca del tubo de rayos X (fuente primaria de radiación) y del paciente (fuente principal de dispersión de la radiación) mientras monitorizaba las funciones hemodinámicas y respiratorias durante el tiempo en que el equipo de rayos X estaba en operación (Figuras 2 y 3). Garzón y cols. (6) al igual que Kong y cols. (7) reportaron hallazgos similares para procedimientos de neuro-radiología y embolización de la arteria prostática. También observamos que la dosis efectiva del anestesiólogo puede ser semejante o más alta que la del operador principal en algunos procedimientos. Por ejemplo, en el procedimiento 2, la dosis efectiva recibida por el anestesiólogo y por el operador principal fue igual (25 μSv), mientras que en el procedimiento 3, la dosis efectiva del anestesiólogo fue 4,7 veces más alta que la dosis efectiva recibida por el operador principal (19,8 μSv vs 4,2 μSv). Anastasian y cols. determinaron que, a 1 m de distancia, la dosis dispersa que recibe el anestesiólogo en procedimientos de neuroradiología puede ser cuatro veces mayor del lado del paciente y el tubo de rayos X, que del lado del intensificador de imágenes (9). En este estudio se observó una distancia de 1 m o menos entre el anestesiólogo y el tubo de rayos X y el paciente.

La máxima dosis ocular recibida por el anestesiólogo en este estudio se obtuvo para la ceja derecha en el procedimiento 3 (257,9 μ Sv). Con base en este resultado se puede inferir que el límite anual de dosis al cristalino de 20 mSv (416,6 μ Sv/semana) se podría exceder en este profesional con solo dos procedimientos de quimioembolización hepática a la semana en caso de no adoptarse las debidas medidas de protección en cada procedimiento. Samara y cols. evaluaron la efectividad de distintos dispositivos de protección para el cristalino durante procedimientos intervencionistas con ayuda de la fluoroscopia. Los autores determinaron que las dosis al cristalino se pueden reducir entre 4,5 y 2 veces mediante el uso de un visor completo (protección equivalente de plomo de 0.1 mm) y gafas plomadas con protección frontal equivalente de 0,75 mm de plomo y protección lateral equivalente de 0,5 mm de plomo (13), respectivamente.

Otras medidas tales como ubicar la máquina de anestesia lo más lejos posible de la mesa de procedimientos y no pararse cerca del paciente a menos que sea necesario mientras está encendido el tubo de rayos X, pueden ayudar a reducir aún más la exposición del anestesiólogo a la radiación.

Además de aplicar los principios básicos de seguridad contra la radiación (tiempo, distancia y protección), los anestesiólogos deben participar en programas de capacitación pertinentes para la implementación de prácticas seguras en la sala de radiología intervencionista.

Por último, con base en la evaluación retrospectiva de la dosis al cristalino y de acuerdo con la dosis corporal total en procedimientos de quimioembolización hepática, se debe utilizar el coeficiente de corrección identificado en este estudio en los casos en que el anestesiólogo utilice el dosímetro personal en el centro del cuello plomado (espesor equivalente de 0,5 mm de plomo) y se requiera una proyección PA para el procedimiento. Nuestro resultado está en consonancia con los resultados reportados en la literatura (6).

CONCLUSIONES

Este estudio permitió establecer que los anestesiólogos que participan en los procedimientos de quimioembolización hepática pueden someterse a niveles de exposición a la radiación comparables con las dosis de otros procedimientos intervencionistas complejos tales como embolización de la arteria prostática y neurorradiología. En algunos casos, la dosis recibida por el anestesiólogo puede ser comparable o mayor que la que recibe el operador principal. El actual límite ocupacional de la dosis anual al cristalino de 20 mSv se puede exceder con apenas dos procedimientos a la semana en caso de no implementarse las debidas medidas de protección contra la radiación. Medidas como no permanecer cerca del tubo de rayos X y del paciente mientras está activo el rayo, además de usar gafas plomadas o visores, pueden reducir las dosis de radiación a las que están sometidos estos profesionales.

Los resultados de este estudio mostraron que el equivalente de dosis personal Hp (10) a nivel del cuello (sobre el collar) se puede utilizar como medida complementaria para estimar la dosis en el cristalino del anestesista, si no se utiliza protección ocular durante los procedimientos.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

Aprobación del comité de ética

Este estudio recibió la aprobación del Sistema Nacional Brasileño de Ética en la Investigación (SISNEP) bajo el número certificado 53083016.2.0000.5198 (CAAE).

Protección de sujetos humanos y animales

Los autores declaran que no se realizaron experimentos en seres humanos ni en animales para este estudio. Además, que

se siguieron los procedimientos de conformidad con la reglamentación de los comités de ética y del Código de Ética de la Asociación Médica Mundial (Declaración de Helsinki).

Confidencialidad de la información

Los autores declaran que siguieron los protocolos de su centro de trabajo respecto de la publicación de los datos de los pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado

Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de los pacientes.

Los autores obtuvieron el consentimiento informado, por escrito, de los pacientes o sujetos mencionados en el artículo, documento que reposa en manos del autor para correspondencia.

RECONOCIMIENTOS

Contribuciones de los autores

WJG: Planeación del estudio, recolección de los datos, interpretación de los resultados, y redacción del manuscrito.

GA: Recopilación de los datos.

HJK: Planeación del estudio, interpretación de los resultados.

Asistencia para el estudio

Ninguna declarada.

Apoyo financiero y patrocinio

Ninguno declarado.

Conflictos de interés

Ninguno declarado.

Presentaciones

Ninguna declarada.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Doctor Jailton Cordeiro por permitirnos registrar sus dosis ocupacionales durante los casos estudiados.

REFERENCIAS

- Hidajat N, Wust P, Felix R, Schroder RJ. Radiation exposure to patient and staff in hepatic chemoembolization: risk estimation of cancer and deterministic effects. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2006;29:791-6. doi: <https://doi.org/10.1007/s00270-005-0247-1>
- Khoury HJ, Garzón WJ, Andrade G, et al. Radiation exposure to patients and medical staff in hepatic chemoembolisation interventional procedures in Recife, Brazil. *Radiat Prot Dosimetry.* 2015;165:263-7. doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv075>
- Kong Y, Gao L, Zhuo W, Qian A. A survey on radiation exposure of primary operators from interventional X-ray procedures. *Radiat Meas.* 2013;55:43-5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2013.01.023>
- International Atomic Energy Agency (IAEA). Occupational radiation protection. International Atomic Energy Agency, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7. Vienna; 2018.
- Von Boetticher H, Lachmund J, Hoffmann W. An analytic approach to double dosimetry algorithms in occupational dosimetry using energy dependent organ dose conversion coefficients. *Health Phys.* 2010;99:800-5. doi: <https://doi.org/10.1097/HP.0b013e3181e850da>
- Garzón WJ, Khoury HJ. Radiation doses to anaesthetists during prostatic artery embolization interventional procedures. *Radiat Prot Dosimetry.* 2019;185:196-200. doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy295>
- Kong Y, Struelens L, Vanhavere F, et al. Influence of standing positions and beam projections on effective dose and eye lens dose of anaesthetists in interventional procedures. *Radiat Prot Dosimetry.* 2015;163:181-7. doi: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncu148>
- Arii T, Uchino S, Kubo Y, Kiyama S, Uezono S. Radiation exposure to anaesthetists during endovascular procedures. *Anaesthesia.* 2015;70:47-50. doi: <https://doi.org/10.1111/anae.12841>
- Anastasian ZH, Strozyk D, Meyers PM, Wang S, Berman MF. Radiation exposure of the anaesthetologist in the neurointerventional suite. *Anesthesiology.* 2011;114:512-20. doi: <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31820c2b81>
- Choi EJ, Go G, Han WK, Lee P-B. Radiation exposure to the eyes and thyroid during C-arm fluoroscopy-guided cervical epidural injections is far below the safety limit. *Korean J Pain.* 2020;33(1):73-80. doi: <https://doi.org/10.3344/kjp.2020.33.1.73>
- Ismail S, Khan F, Sultan N, Naqvi M. Radiation exposure to anaesthetists during interventional radiology. *Anaesthesia.* 2010;65:54-60. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2009.06166.x>
- WHITBY M and MARTIN C J. A study of the distribution of dose across the hands of interventional radiologists and cardiologists. *Br J Radiol.* 2005;78: 219-29. doi: <https://doi.org/10.1259/bjr/12209589>
- Samara ET, Gester D, Furlan M, Pfammatter T, Frauenfelder T, Stussi A. Efficiency evaluation of leaded glasses and visors for eye lens dose reduction during fluoroscopy guided interventional procedures. *Physica Medica.* 2022;100:129-34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2022.06.021>