

Evaluación de la dosis a partir de la estimación con doble dosimetría en el área de Hemodinamia

¹ Helen Angelica Ramos Honorato

Resumen

La hemodinamia en la cardiología intervencionista implica procedimientos prolongados con exposición a la radiación ionizante, lo cual representa un riesgo significativo para el personal de salud. Por ello, el Laboratorio de Dosimetría Personal UNAH (LDPUNAH) ha implementado el uso de doble dosimetría, usando un dosímetro por debajo y otro dosímetro encima del chaleco plomado, siguiendo las recomendaciones de la ICRP 85, para mejorar la estimación de la dosis efectiva recibida. Se evaluó la dosis recibida por nueve personas del área de hemodinamia entre febrero y mayo de 2024, utilizando dos dosímetros TLD-100 por persona calibrados para las magnitudes de dosis equivalente en cuerpo entero y superficial. Se compararon los resultados de la estimación de un dosímetro contra la metodología de dos dosímetros, aplicando el algoritmo de la Ordenanza Suiza para la doble dosimetría. La dosis efectiva con doble dosimetría se calculó considerando dos distintos escenarios de dosimetría, donde se observó que los médicos presentan mayores exposiciones en comparación con tecnólogos y enfermeros. La doble dosimetría mostró una variabilidad significativa en dosis superficiales, especialmente en febrero, mientras que abril presentó los valores más bajos en todos los casos. La doble dosimetría bien utilizada puede mejorar la estimación de la dosis equivalente superficial al evaluar más información considerando los equipos de protección personal.

Palabras clave: Dosimetría personal, dosímetro, radiología intervencionista, protección radiológica, dosis equivalente

Dose assessment through a double dosimetry approach in Hemodynamics area

Abstract

Hemodynamics in interventional cardiology involves prolonged procedures with exposure to ionizing radiation, which represents a significant risk for healthcare personnel. For this reason, the Personal Dosimetry Laboratory UNAH (LDPUNAH) has implemented the use of double dosimetry, utilizing one dosimeter below and another dosimeter above the lead apron, following the recommendations of ICRP 85, to improve the estimation of the effective dose received. However, it is not always adequately applied within hospital settings. The doses received by nine individuals in the hemodynamics area were evaluated between February and May 2024, using two TLD-100 dosimeters per person calibrated for the magnitudes of whole-body and superficial equivalent doses. The results of single dosimetry estimations were compared to the double dosimetry methodology, applying the Swiss Ordinance algorithm for double dosimetry. The effective dose with double dosimetry was calculated

¹ Especialista en Irradiación por Dosimetría Externa, Ingeniero Biomédico con maestría en Sistema de Gestión Integrados. <https://orcid.org/0009-0000-3434-4432> Correo electrónico: helen.ramos@unah.edu.hn

considering two different dosimetry approaches, where it was observed that physicians had higher exposures compared to technologists and nurses. Double dosimetry showed significant variability in superficial doses, especially in monthly register in February, while April presented the lowest values in all cases. Proper use of double dosimetry can enhance the estimation of superficial equivalent doses by evaluating more information considering personal protective equipment.

Keywords: Personal dosimetry, dosimeter, interventional radiology, radiation safety, equivalent dose

Introducción

La Hemodinamia es una rama de la medicina, y en particular de la cardiología intervencionista, la cual se enfoca en la realización de estudios clínicos de la circulación de la sangre en el aparato circulatorio. Esta, se dedica a tratar afecciones cardíacas y vasculares mediante procedimientos para el tratamiento de enfermedades cardiacas usando la radiación ionizante para visualizar las imágenes del cuerpo, dando así precisión y eficacia. Para estos procedimientos, es necesario el uso de un angiógrafo que es un equipo de radiodiagnóstico que utiliza la técnica de fluoroscopia para recopilar imágenes del cuerpo humano en tiempo real, en el cual el equipo es conformado por un arco en C, donde tiene el generador de rayos X y un panel de detectores de la imagen.

Al ser procedimientos en alta demanda y de larga duración, el personal sanitario que labora en esta área se expone a una cantidad considerable de radiación ionizante la cual debe ser monitoreada para evitar la aparición de efectos estocásticos y determinísticos en su salud. Beyer, Tsapaki, & Berglund (2018) indican que la fuente más grande de exposición para el operador y el personal sanitario es la radiación dispersa por el paciente, por lo que recomiendan hacer uso de blindajes, equipo de protección personal (chalecos plomados, protectores tiroideos, guantes y lentes plomados) y el uso de dosímetros personales para monitoreo de la exposición.

Desde el 2017, el Laboratorio de Dosimetría de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (LDPUNAH), dentro de la Escuela de Física de la Facultad de Ciencias, ha puesto sus esfuerzos por brindar un servicio de dosimetría externa de calidad y cubriendo las necesidades del país. El dosímetro es un dispositivo que es

utilizado para estimar la dosis de radiación recibida por el cuerpo humano al ser expuesto a radiación ionizante. Este dispositivo es utilizado por el personal ocupacionalmente expuesto (POE): tecnólogos, médicos radiólogos, enfermeras, entre otro personal sanitario que hacen uso de la radiación ionizante para el tratamiento y diagnóstico de enfermedades.

En la actualidad, con el aumento de centros y hospitales que adquieren los servicios de hemodinamia y angiografía en el país, es de suma importancia conocer, y sobre todo procurar que se cumplan, las normativas de seguridad y protección radiológica. El fin es lograr la concientización de la vigilancia radiológica del personal sanitario laborando en áreas de radiología intervencionista donde deben portar sus dosímetros de manera correcta y continuar la práctica de la doble dosimetría en todos los centros del país.

Problema de investigación

El LDPUNAH ha tomado en cuenta las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP en inglés) en su publicación No. 85, en la cual se indica que «Un dosímetro personal debe ser usado debajo del delantal plomado... un segundo dosímetro debe ser usado encima del delantal plomado y colocarse a la altura del cuello, lo cual hace posible determinar la dosis efectiva más apropiadamente». Por lo tanto, en la práctica de hemodinamia, el LDPUNAH considera que el uso de la doble dosimetría representa una mejor estimación de la dosis equivalente a cuerpo entero ($Hp(10)$) y dosis equivalente superficial ($Hp(0.07)$).

Sin embargo, ante la falta de esta norma en un reglamento específico a nivel nacional, se presenta el conflicto sobre la cantidad de dosímetros a utilizar entre la institución proveedora del servicio y el usuario. De hecho, Jaramillo-Garzón et al. (2019) describe que no existe un consenso internacional entre la mejor metodología para estimación de la dosis, indicando que ciertos países usan un solo dosímetro por debajo del chaleco. En cambio, países como Brasil acordaron usar un dosímetro encima del chaleco y en el caso de Colombia no existe una metodología específica.

La ICRP (2018) indica que el uso del dosímetro bajo el chaleco plomado provee de confirmación respecto al uso apropiado del chaleco plomado y que su blindaje es suficiente para mantener la dosis baja debajo del chaleco. Para el Hp(0.07), Miller et al. (2010) manifiestan que el uso del dosímetro utilizado encima del chaleco provee de información importante para la estimación razonable de la dosis recibida al nivel de piel y cristalino, que se encuentran sin protección y expuestos durante las intervenciones. Además, los mismos autores afirman que si se hace uso de un solo dosímetro por debajo del chaleco se podrá perder información respecto a la dosis recibida por el cristalino.

Es conocido que, el uso de un solo dosímetro tiende a subestimar la dosis que recibe el personal ocupacionalmente expuesto en las áreas donde hacen uso del chaleco plomado. Sin embargo, al proponer la doble dosimetría, Jarvinen et al. (2008) considera que este método puede sobreestimar la dosis pero que es recomendable ante una única dosimetría. Sacc et al. (2015) recomiendan que, ante las diferentes apreciaciones y consideraciones de la doble dosimetría, es importante verificar de manera rutinaria la utilización de la doble dosimetría en hemodinamia y que estos se usen de manera correcta.

Beyer, Tsapaki, & Berglund (2018) citan a la Organización Mundial de la Salud indicando la recomendación de realizar investigaciones mensuales cuando: la dosis efectiva se alcance 0.5 mSv, 5 mSv para dosis equivalente en cristalino o 15 mSv en dosis equivalente

superficial. Las dosis dependerán mucho de la información provista por el dosímetro considerando su ubicación durante el uso. Por lo tanto, la dosis recibida por el personal puede variar considerando la magnitud del procedimiento y la dosis administrada al paciente (Miller et al., 2010). Adicionalmente, Durán (2015) indica que la contribución de la dosis recibida en los procedimientos cardiológicos y radiológicos en Estados Unidos es de 0.43 mSv lo que es equivalente a 22 radiografías de tórax por persona y por año. Por lo que, el personal expuesto puede llegar a valores de investigación y su contribución de dosis, es muy importante monitorear para evitar consecuencias sobre la salud a futuro.

Chida et al. (2013) indican que dentro de las afecciones más comunes son las cataratas inducidas por radiación y citan a Kaskal y Worgul (2004) que encontraban que un 8% de médicos radiólogos intervencionistas padecen de cataratas y un 37% tienen opacidades en sus ojos. Aunque los mismos autores indican que una parte de los estudios están orientados al médico más que otros miembros de la sala de operación.

Finalmente, la desventaja de la doble dosimetría recae en que, se pueden presentar problemas relacionados a dosis muy altas o bajas con el mal uso del dosímetro de las cuales están: uso incorrecto de los dosímetros etiquetadas para debajo o por encima del chaleco, usar el dosímetro asignado a otra persona, o la pérdida del dosímetro (ICRP, 2018). Por lo que, también tanto el POE como el Oficial de Protección Radiológica (OPR), necesitan conocer sobre la ubicación correcta de la doble dosimetría.

Estrategia metodológica

Para llevar a cabo la investigación, se escogió enfoque cuantitativo de tipo descriptivo y transversal para el análisis de las dosis obtenidas aplicando dos algoritmos de cálculos. Se enfocó en medir y analizar la dosis de radiación recibida por cada POE y se caracterizó la dosis en función de la lectura de uno o dos dosímetros. Las lecturas de los dosímetros se realizaron para los períodos de febrero a mayo del 2024 de un

centro el cual se escogió para el estudio considerando: trabaja un grupo homogéneo (enfermeras, anestesiólogos, técnicos radiólogos, médicos radiólogos y médicos cardiólogos), se brinda la doble dosimetría, sus recambios al laboratorio son puntuales, y sobre todo que tienen un área única y exclusiva para la hemodinamia. Para fines de protección de los datos e identidad de la institución, sólo se utilizaron las lecturas pertinentes con autorización del LDPUNAH y los cálculos de dosis presentados están realizados en base a algoritmos distintos a los usados en el LDPUNAH.

Adicionalmente, se consideró la metodología de procesamiento de la dosimetría personal del LDPUNAH para la lectura de los dosímetros. Se utilizó un par de dosímetros tipo TLD-100 para evaluar la dosis de nueve (9) personas en el área de Hemodinamia de este Centro. A continuación, se especifica las profesiones identificadas en el área de Hemodinamia.

Tabla No. 1. Profesiones identificadas de los POEs monitoreados en el estudio

No. POE	Profesión
POE 1	Tecnólogo
POE 2	Enfermero
POE 3	Tecnólogo
POE 4	Médico cardiólogo
POE 5	Médico anestesiólogo
POE 6	Tecnólogo
POE 7	Tecnólogo
POE 8	Médico cardiólogo
POE 9	Enfermero Instrumentista

Fuente: elaboración propia

Cada par de dosímetros fueron entregados al Personal Ocupacionalmente Expuesto (POE), mediante el Oficial de Protección Radiológica (OPR). Posteriormente, se leyeron los dosímetros con el sistema Harshaw 4500.

Los métodos de lectura y el rendimiento de los dosímetros fueron evaluados de acuerdo con los procedimientos del LDPUNAH para la

calibración del sistema dosimétrico mediante un Irradiador Thermofischer Sr90/Y90.

Para el cálculo de la dosis, se utilizó dos maneras de estimar la dosis: la primera consistía únicamente en brindar el resultado de la lectura de un (1) dosímetro y la segunda manera se toma lo planteado para el cálculo de dosis equivalente en la Ordenanza Suiza para dosimetría personal, dado que es el origen de la recomendación es la ICRP 85.

De acuerdo con la Ordenanza Suiza (2017), para el cálculo de la dosis equivalente de cuerpo entero Hp(10) y la dosis equivalente superficial Hp(0.07), se consideran las siguientes ecuaciones:

$$H_{\text{total}}(10) = H_{\text{por debajo}}(10) + a \cdot H_{\text{encima}}(10) \quad (\text{eq. 1})$$

$$H_{\text{total}}(0.07) = H_{\text{por debajo}}(0.07) + H_{\text{encima}}(0.07) \quad (\text{eq. 2})$$

Donde “a” corresponde a un coeficiente de 0.1 cuando no se usa protector tiroideo y 0.05 cuando el POE usa protector tiroideo. En total de acuerdo con los factores y cantidad de dosímetros, se calculó la dosis a cuerpo entero considerando sólo la lectura del dosímetro por debajo del chaleco vs. La lectura de ambos dosímetros asumiendo que no se usa protector tiroideo vs. La lectura de ambos dosímetros asumiendo que se usa protector tiroideo. Para el caso de dosis equivalente superficial, se comparó el valor de la lectura del dosímetro por debajo del chaleco vs. La lectura doble de los dosímetros.

Resultados

Se calcularon las dosis para ambas unidades en discusión, tomando en cuenta la cantidad de dosímetros utilizados y las consideraciones que las ecuaciones 1 y 2 de la sección anterior. Asimismo, se calcularon las diferencias porcentuales del cálculo entre cada valor obtenido por cada individuo registrado.

Las tablas 1 y 2 presentan la dosis equivalente de cuerpo entero y superficial medida en miliSievert (mSv). Se muestran que las dosis medidas para cuerpo entero con un sólo dosímetro son relativamente uniformes, oscilando entre 0.24 a 0.30 mSv. Además, se observa que los tecnólogos y enfermeros muestran dosis ligeramente inferiores a los

médicos. De hecho, Chida et al. (2013) concluyen en su investigación que los rangos anuales de dosis son mayores para los médicos, lo cual se confirma con los datos obtenidos.

Para la dosis equivalente superficial, se observa que los POES 4 y 8, los cuales son

médicos, muestran dosis igualmente elevadas correspondiente a su proximidad al campo de radiación. Además, el POE 7 obtiene los valores más elevados en el mes de marzo, lo que puede ser indicativo de procedimientos o exposiciones más largas o frecuentes.

Tabla No. 2. Valores para dosis equivalente de cuerpo entero estimado con un sólo dosímetro debajo del chaleco

Dosis por mes Usuario	febrero (mSv)	marzo (mSv)	abril (mSv)	mayo (mSv)	Promedio (mSv)
POE 1	0.294	0.453	0.214	0.214	0.294
POE 2	0.329	0.235	0.221	0.251	0.259
POE 3	0.371	0.239	0.227	0.348	0.296
POE 4	0.331	0.333	0.206	0.348	0.304
POE 5	0.251	0.251	0.205	0.265	0.243
POE 6	0.281	0.238	0.228	0.288	0.259
POE 7	0.279	0.224	0.218	0.273	0.248
POE 8	0.365	0.228	0.287	0.307	0.297
POE 9	0.284	0.232	0.287	0.337	0.285

Fuente: elaboración propia

Tabla No. 3. Valores para dosis equivalente superficial estimado con un sólo dosímetro debajo del chaleco

Dosis por mes Usuario	febrero (mSv)	marzo (mSv)	abril (mSv)	mayo (mSv)	Promedio (mSv)
POE 1	0.344	0.310	0.220	0.299	0.293
POE 2	0.302	0.215	0.217	0.296	0.257
POE 3	0.298	0.298	0.318	0.342	0.314
POE 4	0.262	0.295	0.200	0.370	0.282
POE 5	0.319	0.276	0.248	0.204	0.262
POE 6	0.328	0.224	0.223	0.290	0.266
POE 7	0.322	1.556	0.257	0.833	0.742
POE 8	0.280	0.221	0.274	0.307	0.270
POE 9	0.313	0.208	0.234	0.257	0.253

Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, tomando en cuenta los niveles de investigación de la OMS y los propios del LDPUNAH², no se observa que alguno de los

POEs sobrepase dicho nivel para cuerpo entero ni superficial.

² LDPUNAH tiene un sistema de alertas para dosis equivalente en cuerpo entero que comienza a partir de 1mSv, esta alerta se presenta de manera visual en la plataforma en linea: <https://dosimetria.azurewebsites.net/Menu>.

Las tablas 3, 4 y 5 presentan los resultados de las estimaciones usando las ecuaciones 1 y 2 para dosis equivalente a cuerpo entero y superficial. En la tabla 3, se pueden observar los valores consistentemente más altos en comparación a los valores calculados para un sólo dosímetro y los datos calculados considerando el uso del protector tiroideo.

Con la tabla 4, se observa que, al incorporar el protector tiroideo, se observa la disminución en la estimación ya que considera que este equipo de protección personal esencial para el cuidado de la tiroides. Para ambas consideraciones, ningún POE se observó una dosis superior a los niveles de investigación tanto de la OMS ni del LDPUNAH.

Tomando en cuenta este método para cálculo, siempre se mantiene que los médicos

tienen dosis equivalente en cuerpo entero mucho mayores que los tecnólogos y enfermeros presentes. Además, las dosis de cuerpo entero muestran una variación promedio mayor del 10% sin protector tiroideo y 5% con protector tiroideo respecto a la estimación de un sólo dosímetro

En la tabla 5, respecto a los valores con un sólo dosímetro, si se observa que los valores promedios son mucho mayores y, de hecho, realzan el valor obtenido para el mes de marzo por parte del POE 7 con una dosis de 1.780 mSv para dosis equivalente superficial. Las dosis equivalentes superficiales muestran una variación entre el 77% y 118% con respecto a la estimación de un sólo dosímetro.

Tabla No. 4. Valores promedios por individuo, calculados para la doble dosimetría considerando los escenarios que el POE use protector tiroideo como medida de protección adicional

Con protector					
Dosis por mes Usuario	febrero (mSv)	marzo (mSv)	abril (mSv)	mayo (mSv)	Promedio (mSv)
POE 1	0.312	0.468	0.225	0.229	0.309
POE 2	0.344	0.245	0.232	0.266	0.272
POE 3	0.386	0.253	0.243	0.365	0.312
POE 4	0.344	0.348	0.216	0.366	0.318
POE 5	0.267	0.265	0.217	0.275	0.256
POE 6	0.298	0.249	0.239	0.302	0.272
POE 7	0.295	0.302	0.230	0.315	0.285
POE 8	0.379	0.239	0.301	0.322	0.310
POE 9	0.299	0.242	0.299	0.350	0.297

Fuente: elaboración propia

Tabla No. 5. Valores promedios por individuo, calculados para la doble dosimetría considerando los escenarios que el POE no use protector tiroideo

Sin protector					
Dosis por mes Usuario	febrero (mSv)	marzo (mSv)	abril (mSv)	mayo (mSv)	Promedio (mSv)
POE 1	0.329	0.484	0.236	0.244	0.323
POE 2	0.359	0.256	0.243	0.281	0.285

Fuente: elaboración propia

Tabla No. 5. Valores promedios por individuo, calculados para la doble dosimetría considerando los escenarios que el POE no use protector tiroideo

Sin protector					
Dosis por mes Usuario	febrero (mSv)	marzo (mSv)	abril (mSv)	mayo (mSv)	Promedio (mSv)
POE 3	0.401	0.268	0.259	0.382	0.328
POE 4	0.357	0.363	0.226	0.385	0.333
POE 5	0.283	0.279	0.230	0.285	0.269
POE 6	0.314	0.260	0.250	0.317	0.286
POE 7	0.311	0.380	0.243	0.356	0.323
POE 8	0.393	0.250	0.315	0.338	0.324
POE 9	0.315	0.253	0.310	0.362	0.310

Fuente: elaboración propia

Tabla No. 6. Valores de dosis equivalente superficial a través de la doble dosimetría

Dosis por mes Usuario	febrero (mSv)	marzo (mSv)	abril (mSv)	mayo (mSv)	Promedio (mSv)
POE 1	0.671	0.452	0.483	0.482	0.522
POE 2	0.672	0.450	0.521	0.479	0.530
POE 3	0.612	0.537	0.517	0.559	0.556
POE 4	0.672	0.628	0.435	0.660	0.599
POE 5	0.720	0.527	0.504	0.440	0.548
POE 6	0.779	0.462	0.491	0.543	0.569
POE 7	0.721	1.780	0.517	0.581	0.900
POE 8	0.700	0.450	0.679	0.535	0.591
POE 9	0.611	0.440	0.509	0.432	0.498

Fuente: elaboración propia

En general, el mes de febrero fue el periodo de monitoreo con la dosis más alta en Hp10 y Hp0.07, tanto usando la estimación con uno o dos dosímetros. El mes de abril presentó el valor más bajo de dosis calculada por ambos métodos para la dosis equivalente en cuerpo entero.

Conclusión

Se puede observar que para el cálculo de dosis equivalente de cuerpo entero con el uso de un único dosímetro las dosis quedan subestimadas ligeramente, siendo una diferencia promedio del 5% al 10%. Bajo el algoritmo presentado por la

Ordenanza Suiza y recomendada por la ICRP 85, se tiene muy presente el uso del protector tiroideo, por el cual, se concluye que, para una mejor estimación de la dosis equivalente en cuerpo entero, es necesario conocer si hacen el uso de este elemento de protección. De hecho, se debe evaluar en el futuro, realizar un monitoreo del uso del protector tiroideo y realizar observaciones en el campo para mejorar las estimaciones con el algoritmo utilizado. Así mismo, se debe continuar evaluando el uso correcto de los dos dosímetros, tomando en cuenta el posicionamiento adecuado considerando el protector tiroideo.

En comparación para el cálculo de dosis equivalente superficial donde se observa una diferencia de más de un 70% entre los valores promedio de dosis entre uno y dos dosímetros utilizados. Por lo tanto, se reafirma que el uso de la doble dosimetría es imperativo para mejorar la estimación de dosis equivalente superficial a falta de tener otro método para estimar la dosis en extremidades. Además que, a falta de dosimetría en el cristalino, si se mantiene y se refuerza esta práctica, se puede brindar una buena estimación usando la doble dosimetría que se podría plantear a futuro a medida que se puede implementar la dosimetría de cristalino en el LDPUNAH. Se podría recomendar el uso de un factor de 0.75 de la dosis medida de cuerpo entero del dosímetro por encima del chaleco como lo recomienda EURADOS (2023).

Por último, es importante que exista el riesgo alto de exposición en estos procedimientos de fluoroscopia para intervencionismo se debe continuar con la labor de concientizar y educar al personal del uso apropiado del dosímetro y orientar para el almacenamiento y registro de las dosis.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones, se recomendó evaluar por profesional las distancias y posiciones dentro de la sala de hemodinamia. Además, evaluar el uso de los equipos de protección radiológica para mejorar el cálculo para estimar la dosis equivalente de cuerpo entero y superficial.

Reconocimientos

Se agradece al equipo del Laboratorio de Dosimetría por su colaboración en el aporte de la información de la lectura de dosímetros y gestión de la información necesaria para esta investigación.

Además, se agradece a los evaluadores del I Simposio Internacional REPROLAM realizado en Brasil en el año 2024 a los cuales dieron

sugerencias y recomendaciones de la investigación.

Referencias bibliográficas

- Beyer, L. P., Tsapaki, V., & Berglund, T. (2018). *Occupational Radiation Protection in Interventional Radiology*. Obtenido de European Society of Radiology: https://www.eurosafeimaging.org/wp/wp-content/uploads/2015/09/IR-WG_TipsTricks7_final.pdf
- Chida, K., Kaga, Y., Haga, Y., Kataoka, N., Kumasaki, E., Meguro, T., & Zuguchi, M. (Enero de 2013). Occupational Dose in interventional Radiology Procedure. 200(1). DOI: <https://doi.org/10.2214/AJR.11.8455>
- Durán, A. (2015). Protección radiológica en cardiología intervencionista. *Archivos de Cardiología de México*, 85(3), 230-237. DOI: 10.1016/j.acmx.2015.05.005
- EURADOS. (2023). *Individual Exposure and Monitoring in Interventional Radiology and Cardiology*. European Radiation Dosimetry e. V. DOI: 10.12768/Oyfk-yx46
- ICRP. (2018). *ICRP Publication 139: Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures*. SAGE Journals. Obtenido de: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_47_2
- International Commission on Radiological Protection. (2000). *Publication 85: Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures* (Vol. 30). Estocolmo, Suecia: Pergamon. Obtenido de: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_30_2
- Jaramillo-Garzón, W., Morales-Aramburo, J., Puerta-Ortiz, A., & Castrillón-Giraldo, W. (2019). Dosimetría personal y exposición ocupacional en Cardiología Intervencionista. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27, 52-60. DOI: 10.1016/j.rccar.2019.07.004

³ A la fecha de la investigación, el LDPUNAH aún no contaba con el servicio de extremidades autorizado para monitoreo

Jarvinen, H., Buls, N., Clerinx, P., Jansen, J., Miljanic, S., Nikodemová, D., ... d'Erico, F. (2008). Overview of double dosimetry procedures for the determinations of the effective dose to the interventional radiology staff. *Radiation Protection Dosimetry*, 129, 333-339.
DOI: 10.1093/rpd/ncn082

Miller, D. L., Vañó, E., Bartal, G., Balter, S., Dixon, R., Padovani, R., ... de Baère, T. (2010). Occupational Radiation Protection in Intervencional Radiology: A Joint Guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. *Journal of Vascular and Interventional Radiology (JVIR)*, 607-615.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2010.01.007>

Sacc, R., Gómez, F., Herrero, F., Sacc, A., Sacc, G., Beltrame, C., & Zucca, M. (17 de Abril de 2015). Implementación del segundo dosímetro en Hemodinamia e Intervencionismo. X Congreso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica. Obtenido de:
http://www.irpabuenosaires2015.org/Archivos/tr-completos/irpa/fullpaperImplementaciondelsegundodosmetroenHemodinamiaeIntervencionismo_IRPA2015_f.pdf

Schweizerische Eidgenossenschaft. (26 de Abril de 2017). *Verordnung des EDI über die Personen- und Umgebungsdosimetrie*. Obtenido de Schweizerische Eidgenossenschaft:
<https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2017/504/de>