

# DOSIMETRIA PERSONAL TLD 100 EN MEDICOS ORTOPEDISTAS EXPUESTOS A RADIACION IONIZANTE EN BOGOTA- COLOMBIA

Brigith Yesenya Sierra Cano<sup>1</sup>, Yazim Jimenez<sup>2</sup>, María Cristina Plazas<sup>2/3</sup>

Javier Eslava-Schmalbach<sup>4</sup>, Helena Groot Restrepo<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Médico, Magister en Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

[brigith.sierra@gmail.com](mailto:brigith.sierra@gmail.com)

<sup>2</sup> Departamento de Física, Grupo de Física Médica

Universidad Nacional de Colombia

Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia

[mcplazasd@unal.edu.co](mailto:mcplazasd@unal.edu.co)

<sup>3</sup> Instituto de Oncología “Carlos Ardila Lülle”

Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá

Carrera 7 No. 117 – 15, Bogotá, Colombia

[mcplazasd@unal.edu.co](mailto:mcplazasd@unal.edu.co)

<sup>4</sup> Instituto de Investigaciones Clínicas, Grupo Equidad en Salud

Universidad Nacional de Colombia

Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia

[jheslavas@unal.edu.co](mailto:jheslavas@unal.edu.co)

<sup>5</sup> Laboratorio de Genética Humana

Universidad de los Andes

Cra 1 No. 18A- 12, Bogotá, Colombia

[hgroot@uniandes.edu.co](mailto:hgroot@uniandes.edu.co) )

## Abstract

Orthopedic surgeons should be considered as professionals occupationally exposed to ionizing radiation, for using C arc (fluoroscope) an equipment of X type radiation emission, during surgical procedures for imaging generation. Some health institutes, use of C arc under uncontrolled circumstances, such a lack of dosimetry control, incomplete or absence of personnel protective elements and protective measures, which in turn, lead to a high exposition to the personnel. Materials and methods. Study of double match cohort by age and gender, was conducted, in four health institutions of second and third level of attention in Bogotá city. Personal dosimetry measurements with TLD100 dosimetry crystals in both cohorts and environmental dosimetry in each of operation rooms used for orthopedic procedures, were carry out during six months of follow up. Dosimetry crystals were read in a Harshaw 4500 – Bicron equipment, in the Medical Physics's Laboratory of National University of Colombia. Results. Dosimetry measurements are compatibles with those of occupationally exposed personnel 3.44mSv/6m IC 95% (1.66-3.99), even does not overpass ICRP recommendations, are higher as were expect at the beginning of the study. The median of effective accumulative dose in thorax is 3,4mSv CI 95% (1,66-3,99), higher in comparison with neck value 2,7mSv CI95% (1,73-3,80) and hand dosimetry 1,42mSv CI95% (0,96-2,34). Conclusions: Orthopedic surgeons should be considered occupational exposed to ionizing radiation, who has to accomplish to the radiological protection measures, dosimetric follow up and maintenance of the used X ray equipment. It was confirm throughout this study that dosimetry shows higher levels as expected at the beginning of the study, compatible with occupationally exposed personnel

**Keywords:** Ionizing radiation, dosimetry, TLD100, Thermoluminiscency, orthopedic, X rays, C arc, fluoroscope, Effective dose, Cumulative dose.

## 1.- INTRODUCCION

Los médicos Ortopedistas son profesionales del área de la salud que por causa de su trabajo se exponen a radiación ionizante tipo rayos X debido el uso de equipos como el arco en C, también conocido como intensificador de imágenes y fluoroscopio, que permite la generación de imágenes en tiempo real, siendo una guía para la realización de procedimientos quirúrgicos, asegurando la adecuada colocación de material de osteosíntesis o la adecuada reducción de trazos de fractura principalmente. El uso de dicha herramienta ha venido en aumento, debido a técnicas quirúrgicas que son mínimamente invasivas, con incisiones más pequeñas, generando la necesidad de observar paso a paso lo que sucede con las estructuras óseas a lo largo del procedimiento al suprimir la visión directa de las mismas. Estas técnicas representan una gran ventaja para el paciente durante su recuperación postquirúrgica.

La exposición de estos profesionales no ha sido estudiada a profundidad en Colombia y no se les considera ocupacionalmente expuestos, a pesar de ser exposiciones intermitentes, que pueden ser en frecuencia de dos veces por semana, pueden ser muy importantes dependiendo del tipo de procedimiento quirúrgico, el tiempo quirúrgico, la experticia y la presencia o no de complicaciones, lo que aumenta el número de tomas o disparos necesarios para el éxito de una cirugía dada (Munar & Yaira, 2011) (Baquero, Guevara, Giraldo, & Osorio, 2004) (Caicedo, Arguiellez, & Azate, 1996) (International Commission on Radiological Protection, 2007).

De acuerdo con la Comisión Internacional de Protección Radiológica –ICRP- (por sus siglas en inglés), se considera personal ocupacionalmente expuesto a toda persona que por causa de su trabajo se expone a radiación ionizante. La ICRP plantea como límite permisible 20mSv/año o 100mSv en un periodo de 5 años para personal ocupacionalmente expuesto. La normativa colombiana acoge las disposiciones de la ICRP y genera algunas obligaciones para el trabajador y el empleador, que deben ser acatadas en todo momento (International Commission on Radiological Protection, 2007)

En Colombia, es posible observar que algunos de los servicios de ortopedia de diferentes centros de atención en salud carecen de Oficiales de Protección Radiológica para la vigilancia de las medidas de radioprotección, no se realiza control dosimétrico, por lo que no es posible precisar cuál es la dosis de exposición y en consecuencia, si se cumple o no con la normativa, es así, que en el grupo de participantes del presente estudio, ninguno de ellos contaba con historial dosimétrico. Algunos de los equipos usados son de tecnologías anteriores y no cuentan con el mantenimiento especializado o los controles de calidad pertinentes para la detección de fugas. En la actualidad se cuenta con equipos de menor emisión con alta calidad de la imagen y finalmente no cuentan con elementos de protección personal en cantidad suficiente, buen estado, mantenimiento y acordes al tipo de exposición.

El personal médico, en este caso particular los médicos ortopedistas, ejercen su práctica profesional en múltiples instituciones de salud, en cada una de las cuales tiene diferentes grados de exposición, por ello es necesario contar con seguimiento dosimétrico del personal expuesto, en cada una de las instituciones donde labora.

Como consecuencia de estas observaciones se planteó un estudio, para analizar los efectos en salud de la exposición a radiación ionizante en circunstancias cotidianas en cuatro centros de atención en salud de segundo y tercer nivel de complejidad de la ciudad de Bogotá, se realizó un estudio de doble cohorte pareada por edad y género, participantes voluntarios, a quienes se les aplicó una encuesta general para verificar cumplimiento de criterios de inclusión, a los participantes se les realizó dosimetría personal mediante dosímetros TLD100 y prueba citogenética para evaluar genotoxicidad.

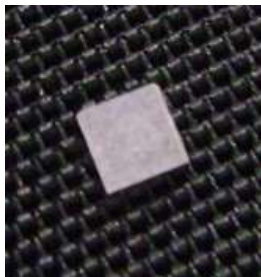
El Objetivo del presente artículo es presentar y discutir los hallazgos obtenidos en la dosimetría personal realizada en médicos ortopedistas expuestos a radiación ionizante y dosimetría ambiental en las salas de cirugía donde se realizan los procedimientos de ortopedia, en 4 hospitales de Bogotá, Colombia.

## 2.- MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio de doble cohorte, pareado por edad y género. La Cohorte expuesta se conformó por 30 médicos ortopedistas graduados y en entrenamiento en la ciudad de Bogotá vinculados a las cuatro instituciones participantes, que aceptaron voluntariamente ingresar al estudio y que realizan procedimientos quirúrgicos, con uso de intensificador de imágenes (arco en C o fluoroscopio) y la Cohorte no expuesta, fue un Grupo pareado por edad y género, sin exposición conocida a radiación ionizante, como estudios de rayos X, tomografías, gammagrafía o tratamientos actuales de radioterapia.

El estudio se desarrolló por fases, en la primera se llevaron a cabo procesos de estandarización, adaptación y ajuste de las mediciones con los cristales de dosimetría TLD100, en la fase 2 o de seguimiento, se realizó dosimetría en las cohortes estudiadas durante un periodo de seis meses, con lecturas mensuales, al igual que dosimetría ambiental en las salas de cirugía donde se realizan los procedimientos y se utiliza el arco en C o fluoroscopio.

Para la medición dosimétrica se utilizaron dosímetros de termoluminiscencia (TLD) (Figura 1) y las lecturas se realizaron en el Laboratorio de Física Medica de la Universidad Nacional de Colombia con equipo Harshaw TLD 4500, por personal capacitado y con experiencia para la lectura de los mismos.



Fuente: autor

Figura 1. Cristal de Termoluminiscencia TLD100. Usados para la dosimetría personal y ambiental

Cada uno de los participantes de la cohorte de expuestos, es decir los médicos ortopedistas contaron con tres dosímetros, cuello, tórax y mano (Figura 2), esto teniendo en cuenta las áreas que son de mayor riesgo de exposición por la relación del profesional con el intensificador de imágenes (figura 3), igualmente se dispuso un dosímetro ambiental en las salas de cirugía donde se realizaban con mayor frecuencia los procedimientos de ortopedia.

- Dosímetro de tórax: Portado a nivel del tórax a la altura de los pezones aproximadamente.
- Dosímetro de cuello: Portado a nivel de cuello a la altura de la horquilla esternal.
- Dosímetro de mano: Portado en la mano dominante del ortopedista, colocado al momento de realizar procedimientos quirúrgicos, acorde con los protocolos de esterilidad de los procedimientos (figura 3 y 4).



Fuente: Autor, publicado con consentimiento.

Figura 2. Dosímetros de cuello y tórax en la cohorte expuesta, lo porta dosímetros fueron diseñados por el grupo de investigación para propósitos del estudio.



Fuente: Autor, publicado con consentimiento.

Figura 3. Relación del médico ortopedista y el equipo quirúrgico con el intensificador de imágenes durante procedimientos

Teniendo en cuenta que los procedimientos quirúrgicos se realizan bajo técnicas de asepsia para la protección de la integridad física del paciente, el dosímetro de mano el cual era colocado durante las intervenciones, consistía en un portadosímetro (manilla) esterilizado a necesidad, la instrumentadora quirúrgica colocaba la manilla en el brazo del cirujano y la auxiliar o circulante de la sala, colocaba el cristal en el mismo, evitando cualquier posible contaminación (Figura 4).



Fuente: autor

Figura 4. Portadosímetro para dosímetro de mano y manilla portadora que garantiza la esterilidad y el aislamiento del cristal. Diseñados para el estudio

El análisis de los resultados de dosimetría se realizó mediante estadística no paramétrica, prueba del signo y estadístico de Kruskal Wallis, eso ya que en la prueba de Shapiro Wilks se observó que los datos no tuvieron distribución normal. Para la descripción de los datos se utilizaron medianas e intervalos de confianza. Los datos fueron tabulados, procesados y analizados mediante Excel 2010 y paquete estadístico Stata versión 12.1.

### **3.- RESULTADOS**

#### **3.1. Dosimetría personal.**

Se realizó la dosimetría personal, con lecturas mensuales durante seis meses de cada uno de los dosímetros suministrados, en el caso de la cohorte expuesta tórax, cuello y mano y en el caso de los no expuestos tórax solamente.

Las medianas de las dosis efectivas acumuladas para el periodo de seis meses de seguimiento dosimétrico, es decir la mediana de la sumatoria de las dosis obtenidas en cada uno de los meses de todos los participantes, mostró valores mayores para la cohorte de expuestos 3.44mSv/6m (tabla 1).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al analizar las medianas de las dosis efectivas mensuales entre las cohortes, para dicho análisis se utilizó la prueba del signo.

Las dosis efectivas describieron un patrón de comportamiento constante mes a mes, como se observa en los datos mostrados en la figura 5, con pequeños cambios de sus medianas.

En cuanto al grupo expuesto, se observa una clara tendencia a la disminución progresiva de la dosis efectiva durante el tiempo de seguimiento, observando valores mayores al inicio que al final del seguimiento (Figura 5). Aunque no se encontró diferencia significativa entre las medianas de las dosis mensuales para tórax entre las cohortes (Prueba del signo;  $P \geq 0,05$ ).

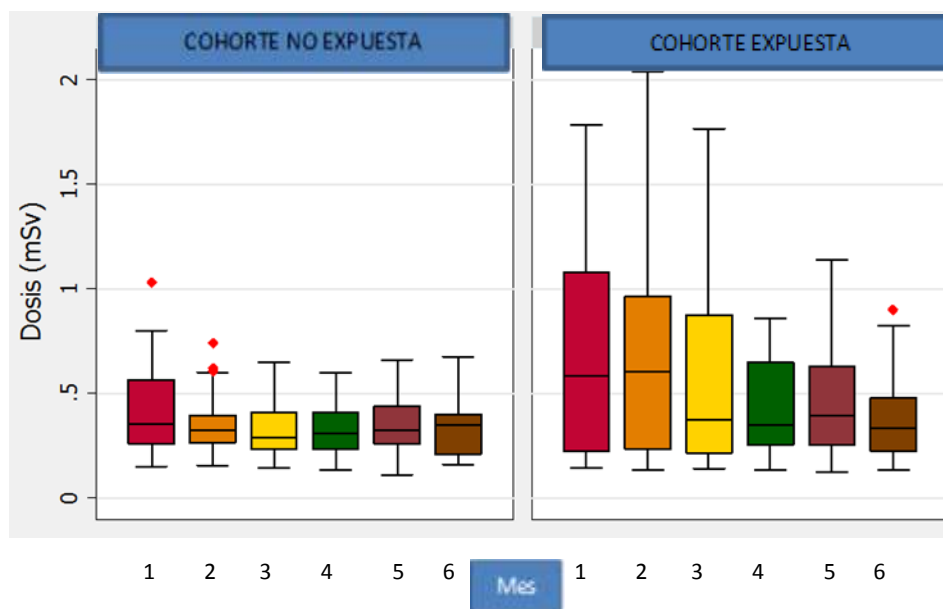


Tabla 1. Dosis efectiva acumulada durante periodo de 6 meses de medición dosimétrica en ambas cohortes

DOSIMETRIA	COHORTE EXPUESTOS	COHORTE NO EXPUESTOS
<b>Dosis efectiva acumulada de tórax</b>	Me 3.44mSv/6m IC95% (1.66-3.99)	Me 2.08mSv/6m* IC95% (1.66-2.34)
<b>Dosis efectiva mensual de tórax</b>	Me 0,3722mSv/m IC95% (0,250-0.585)	Me 0,3216mSv/m** IC95% (0.263-0.367)

\*Prueba del signo,  $p < 0,05$

\*\*Prueba del signo,  $p > 0,05$ . No significativo



Prueba del signo,  $p = 0,0354$  para el mes dos  $p = > 0,05$  para los otros meses. No significativa para los valores de dosimetría mensuales.

Figura 5. Gráfico de dosimetría mensual de dosímetro de tórax en cada una de las cohortes

Tabla 2. Mediana Dosis efectiva acumulada en cada una de las cohortes.

	<b>DOSIS ACUMULADA (mSv/6m) expuestos</b>
<b>CUELLO</b>	Me 2,7 IC95%(1,73 -3,80)
<b>TORAX</b>	Me 3,4 IC95%(1,66-3,99)*
<b>MANO</b>	Me 1,42 IC95%(0,96-2,34)

\*prueba del signo;  $p < 0,05$

Las dosis efectivas en cuello y en mano, permanecieron constantes a lo largo del periodo de seguimiento con algunos valores extremos como se puede ver en la tabla 2 y en la figura 6. Las dosis efectivas acumuladas durante los seis meses medidas para cuello, tórax y mano, fueron superiores para tórax (Prueba del signo;  $P = < 0,05$ ).

La dosis acumulada en el dosímetro de la mano, registró valores menores respecto a la dosimetría de cuello y tórax en 6 meses de seguimiento y finalmente no se observó diferencias entre las medianas de la dosis efectiva mensual de los tres dosímetros (Tabla 2).



(Prueba del signo para dosimetría de Torax,  $p = < 0,05$ )

Figura 6. Gráfico de dosis efectiva acumulada en 6 meses en cada uno de los dosímetros de la cohorte expuesta y la cohorte no expuesta.

El grupo expuesto estuvo conformado por dos subgrupos, médicos ortopedistas con experiencia de varios años y los médicos residentes de ortopedia de primer año. La dosis efectiva de tórax acumulada para el periodo de observación fue de 3,94 mSv IC95% (2,97-4,68) para los ortopedistas y de 1,54 mSv IC95%(1,28-3,30) para los residentes de ortopedia. De acuerdo a la prueba de Mann-Whitney, la diferencia entre las medianas de la dosis efectiva acumulada entre los subgrupos, fue estadísticamente significativa

Al hacer el análisis por subgrupos de la cohorte expuesta, como se observa en la tabla 3, de acuerdo a la institución y a la dosis acumulada de tórax, se observó que los individuos de las instituciones 1 y 2 registraron valores significativamente mayores con respecto a las demás instituciones, siendo respectivamente 4,53mSv y 3,59mSv, de acuerdo al estadístico de Kruskal Wallis,  $p < 0,05$ .

Tabla 3. Mediana de dosis acumulada de tórax, durante 6 meses de medición por institución.

INSTITUCION	MEDIANA DOSIS ACUMULADA DE TORAX*	IC95%
1	4,53mSv	3,68-5,22
2	3,59mSv	2,21-5,28
3	1,28mSv	0,89-3,11
4	1,69mSv	1,33-4,28

\*Kruskal Wallis,  $p < 0,05$

### 3.2. Dosimetría Ambiental.

En cada una de las salas de procedimientos de ortopedia de cada institución, se instaló un dosímetro ambiental, para la verificación de las dosis del área, con el objetivo de confirmar que estas estén acordes con la reglamentación internacional y con lo esperado para el tipo de procedimientos que se realizan.

Los resultados mostraron diferencias entre las instituciones e incluso entre las salas de cirugía de una misma institución. Es así como la sala 1 de la institución 4, registró la mayor dosis acumulada ambiental, seguida por la sala 3 de la institución 1, como se observa en la tabla 4.

Se confirmó con cada una de las instituciones que efectivamente la sala que mostro los niveles mayores, era efectivamente la sala más frecuentemente utilizada en procedimientos de ortopedia.

Tabla 4. Dosimetría ambiental en cada una de las instituciones y sus respectivas salas.

<b>Institución</b>	<b>Sala de cirugía</b>	<b>Dosis Acumulada (mSv/6m)</b>
<b>1</b>	3	3,89
<b>2</b>	3	2,46
<b>3</b>	1	4,37
	5	1,13
<b>4</b>	1	2,03
	2	2,93

## **4.- DISCUSION**

Las dosis efectivas acumuladas en el periodo de seis meses de seguimiento, mostraron que la cohorte expuesta, es decir los médicos ortopedistas, presenta valores mayores con relación a la no expuesta, confirmando su exposición a la fuente emisora, intensificador de imágenes. Sin embargo lo anterior, los valores encontrados se encuentran dentro de los límites establecidos para personal laboralmente u ocupacionalmente expuesto (<20mSv/año) (International Commission on Radiological Protection, 2007)

A pesar de tener una exposición variable e intermitente, este hallazgo está en concordancia con lo descrito por otros autores de estudios colombianos (Baquero, Guevara, Giraldo, &

Osorio, 2004) (Munar & Yaira, 2011), en los que la dosis retrospectiva fue menor de 20mSv/año, pero mayor que la dosis para el público general. Los valores de dosimetría para la cohorte no expuesta se encuentran en general dentro de los valores esperados para la comunidad general como resultado de la radiación de fondo de acuerdo con lo descrito por la UNSCEAR (UNSEAR, 2000)

En cuanto a la mediana para las dosis mensuales no se encontraron diferencias, pero es claro en la gráfica 5 de la distribución de las dosis mes a mes, que los valores medidos en la cohorte expuesta fueron disminuyendo con el transcurso del tiempo de seguimiento, este fenómeno puede ser consecuencia de la observación (efecto Hawthorne), el cual describe que el hecho de ser parte de un seguimiento o de una observación, aumenta el rendimiento de los individuos analizados. En este caso particular, la cohorte expuesta pudo haber incrementado los mecanismos de protección, tales como el uso de elementos de protección personal para radiación, aumento de la distancia con relación a la fuente emisora o el uso moderado del equipo mediante la optimización de los disparos (Hescovici D & Sanders, 2000). De acuerdo a lo observado durante el seguimiento las dos últimas alternativas son las más plausibles. Este efecto no se evidencio en la cohorte no expuesta cuyos valores permanecieron constantes a lo largo de la observación.

Las dosis efectivas acumuladas medidas en el cuello y en tórax de la cohorte expuesta, fueron similares, siendo mayores las de tórax, lo que coherente dada la cercanía anatómica de los dosímetros, la manera como se relaciona el ortopedista con el equipo y por la exposición secundaria a la radiación dispersa emitida por la interacción de los rayos x con los tejidos del paciente.

Es importante notar que las dosis reportadas, están dadas para el periodo de 6 meses de observación, es decir en un año si los valores permaneces estables, la dosis registrada estaría alrededor de los 7mSv/año para el dosímetro de tórax. Este hallazgo llama la atención, ya que previo al seguimiento dosimétrico se esperaban dosis medidas menores, esto habla de la exposición que tienen estos profesionales y que no había sido dimensionada y documentada.

La dosis efectiva de la mano registró valores más bajos con relación a los otros dos dosímetros, siendo la mano una de las áreas anatómica que se expone muy frecuentemente de manera directa a la acción del haz de radiación emitido por el equipo, dado que a la vez que acciona el equipo, el ortopedista sostiene la parte anatómica del paciente de quien se desea la imagen. Las dosis medidas, en ningún momento superan la norma internacional (500mSv/año) para las extremidades (International Commission on Radiological Protection, 2007).

El hecho de encontrar valores menores en este dosímetro, puede ser explicada por varias razones: de acuerdo a la práctica quirúrgica de estos profesionales, las manos, presentan una exposición heterogénea e independiente en cada una de ellas; el dosímetro fue portado en la mano dominante, que no en todos los casos fue la mano irradiada; la dosis incidente en el dosímetro pudo verse atenuada por la interposición de los tejidos de la mano y finalmente la poca adherencia al porte de los dosímetros de mano que favoreció la subestimación. Fue posible con esta investigación verificar la gran dificultad de obtener dosis confiables a partir de la dosimetría de la mano a pesar de la su exposición, que en ningún caso sobrepasa la dosis límite para extremidades.

Otro factor relacionado con una mayor exposición de la mano es el mayor uso del fluoroscopio debido a complicaciones quirúrgica, como lo reportó (Muller, Suffner, Wenda, Mohr, & Rommers, 1998), donde los valores se incrementaron de 1,27 a 2,22mSv debido a dicho factor sin superar la norma internacional (500mSv/año). Madan *et al.* [2002] realizaron una aproximación a las dosis de la mano mediante seguimiento durante un año a procedimientos como la colocación de clavos endomedulares comparando dos técnicas quirúrgicas diferentes. Estos autores reportaron para la técnica número uno, dosis a 15, 30 y 60 cm de 0,33mSv, 0,08mSv y 0,02mSv respectivamente, y con la técnica número dos a las mismas distancias, se obtuvieron valores de 1,27 mSv, 0,31 mSv y 0,8 mSv (Madan & Blakeway, 2002). En comparación con este estudio, la mediana de la dosis efectiva acumulada en mano para el periodo de observación fue de 1,42mSv/6meses, valor que está

muy por debajo de los establecidos ya mencionados, pero que es similar a los promedios registrados por estos investigadores.

Las dosis efectivas acumuladas de tórax en los participantes de acuerdo a la institución a la cual pertenecían fueron más altas en las instituciones 1 y 2. Estos hallazgos pueden estar relacionados con diversos factores, como la frecuencia del uso de los dosímetros, la cantidad de procedimientos realizados, el tipo de equipo y el control de calidad del equipo. Es conocido de antemano que la adherencia al uso de los dosímetros es baja, que el personal no los porta o incluso olvidan utilizarlos (Munar & Yaira, 2011), por lo tanto la mayoría de los valores registrados, pueden ser menores a la realidad.

Las diferencias entre las dosis ambientales entre instituciones y salas de cirugía de cada institución, pueden estar en relación con la cantidad de procedimientos que se llevan a cabo, el estado, mantenimiento y tecnología de los equipos en cada una de ellas. Es importante generar conciencia sobre la necesidad de implementar mecanismos de control de calidad y mantenimiento adecuado y oportuno de los equipos, realizado por personal capacitado y por lo tanto idóneo para este fin.

Los valores registrados mediante dosimetría ambiental, con los dosímetros ubicados en cada una de las salas de cirugía, utilizadas por ortopedia en cada institución, se encuentran en el rango establecido, como valores para áreas controladas ( $<0,1\text{mSv/sem}$  o  $<5\text{mSv/año}$ ) (Secretaría Regional Ministerial de Salud, 2011). Se define como área controlada el lugar de trabajo donde existe el riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes y deben adoptarse medidas de protección radiológica para evitar que los niveles de dosis superen los límites establecidos por la autoridad (Pascual & Gadea). Por lo tanto, en las salas de cirugía debe haber seguimiento dosimétrico personal y ambiental, deben contar con elementos completos de protección personal para radiación ionizante, señalización de área controlada y el establecimiento de programas de protección radiológica, así como de control de la calidad de los fluoroscopios.

## 5.- CONCLUSIONES

Es importante generar conciencia dentro del grupo de profesionales como en las instituciones de salud del país, sobre la protección de sus trabajadores en relación con la disminución al máximo posible de la exposición a radiación ionizante, para lo que se debe contar con programas bien estructurados de protección radiológica con personal capacitado, seguimiento dosimétrico y elementos de protección personal adecuados, en buenas condiciones y en cantidad suficiente para todos los servicios de un mismo centro de atención en salud donde hay exposición conocida.

Como fue posible observar y de acuerdo con las dosis registradas en cada uno de los profesionales participantes, los ortopedistas presentan una exposición a radiación ionizante que se encuentra dentro de los límites permitidos para personal ocupacionalmente expuesto, de acuerdo con las recomendaciones internacionales, acogidas por la legislación nacional.

No se debe subestimar la exposición de los ortopedistas, teniendo en cuenta solamente el número de días expuestos o suponiendo la exposición, es importante contar con registros e historial dosimétrico en cada institución de cada uno de sus profesionales, y propender porque a pesar de tener más de un trabajo y una exposición las dosis acumuladas en conjunto no sobrepasen los niveles permitidos.

Los valores de dosimetría personal medidos en el grupo no expuesto, sobrepasan los niveles esperados para esta población (1mSv/año) (International Commission on Radiological Protection, 2007), hallazgo de gran relevancia que requiere ser analizado en posteriores investigaciones mediante la determinación de la exposición tanto de los valores de radiación de fondo como dosimetría personal en un tamaño de muestra adecuado que permitan generar conclusiones extrapolables para población Colombiana.



## REFERENCIAS

- Baquero, H., Guevara, G., Giraldo, M., & Osorio, L. (2004). Aberraciones cromosómicas en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. *Revista de ciencias de la salud*, 8-14.
- Caicedo, R., Arguielles, G., & Azate, A. (1996). Exposición a dosis bajas de radiación ionizante en el Hospital Universitario del Valle - Cali, 1980-1992. *Colombia Medica*, 134-137.
- Hescovici D, J., & Sanders, R. (2000). The effects, risks, and guidelines for radiation use in orthopaedic surgery. *Clinical orthopaedics and related research*, 126-132.
- International Commission on Radiological Protection. (Marzo de 2007). Publication 103. *Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de protección radiológica*, 83-87.
- Madan, S., & Blakeway, C. (2002). Radiation exposure to surgeon and patient in intramedullary nailing of the lower limb. *Injury*, 723 - 727.
- Muller, L., Suffner, J., Wenda, K., Mohr, W., & Rommers, P. (1998). Radiation exposure to the hands and the thyroid of the surgeon during intramedullary nailing. *Injury*, 461- 468.
- Munar, C., & Yaira, R. (Enero de 2011). Análisis del programa de vigilancia epidemiológica de trabajadores con exposición a radiaciones ionizantes en una IPS de Colombia. *Tesis*. Bogota, Colombia.
- Pascual, A., & Gadea, E. (s.f.). NTP 614: Radiaciones Ionizantes: Normas de protección. España.
- Secretaría Regional Ministerial de Salud. (2011). *Procedimiento para autorización de funcionamiento y fiscalización de las instalaciones de radiodiagnóstico por rayos X*. Chile.
- UNSEAR. (2000). Biological effects at low radiation doses. Annex G. *UNSCEAR 2000 REPORT Vol. II Sources and effects of ionizing radiation*.