

Exposición a radiación ionizante en médicos residentes de ortopedia en un hospital de referencia

Exposure to ionizing radiation in orthopedic residents in a referral hospital

Suemmy Gaytán-Fernández, Rodolfo G. Barragan-Hervella, Jorge Quiroz-Williams*,
Carlos L. Rodríguez Palacios y Gilberto Sánchez-González

Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia Manuel Ávila Camacho, Instituto Mexicano del Seguro Social, Puebla, Pue., México

Resumen

Objetivo: Describir y analizar la exposición a radiación ionizante de los residentes de ortopedia. **Método:** Se realizó un estudio prospectivo para evaluar el grado de exposición a radiación ionizante con un dosímetro de placa colocado debajo del mandil plomado a médicos residentes, por 10 meses. Mediante una encuesta en línea se midió el grado de conocimientos sobre seguridad radiológica. **Resultados:** Participaron 54 médicos residentes. El 55.6% refiere tener conocimiento de la existencia de equipo de protección radiológica y el 40.7% refiere que tuvo entrenamiento previo en su uso. El 77.8% utiliza el mandil plomado y el 31.5% la protección tiroidea. El 81.5% se posicionó a menos de 1 metro de la fuente de producción de rayos X del arco en C. La exposición a la radiación media total fue de 2.9 ± 2.17 mSv (intervalo de confianza del 95%: 1.25-14.28; $p = 0.424$). **Conclusiones:** Los médicos residentes de ortopedia presentan dosis de radiación menores que el límite recomendado por la International Commission on Radiological Protection. Sin embargo, existe una falta de conocimientos sobre protección radiológica, así como falta de interés e ignorancia de los efectos adversos de la radiación.

Palabras clave: Radiación ionizante. Ortopedia. Seguridad radiológica. Protección. Residencia médica. Residentes.

Abstract

Objective: To describe and analyze the exposure to ionizing radiation of orthopedic residents. **Method:** A prospective study was carried out to evaluate the degree of exposure to ionizing radiation with a bandage dosimeter placed under the lead apron for medical residents for 10 months. An online survey measured the degree of knowledge about radiation safety. **Results:** 54 resident physicians participated. 55.6% report having knowledge of the existence of radiological protection equipment and 40.7% report that they had previous training in its use. 77.8% use the leaded apron and 31.5% use thyroid protection. 81.5% were positioned less than 1 meter from the source of the X-ray production of the arc in C. The total mean radiation exposure was 2.9 ± 2.17 mSv (95% confidence interval: 1.25-14.28; $p = 0.424$). **Conclusions:** Orthopedic residents present radiation doses below the International Commission on Radiological Protection recommended limit. However, there is a lack of knowledge of radiation protection and as well as a lack of interest and ignorance of the adverse effects of radiation.

Keywords: Ionizing radiation. Orthopaedics. Radiation safety. Protection. Medical training. Residents.

*Correspondencia:

Jorge Quiroz-Williams

E-mail: jorge.quirozw@imss.gob.mx; jquiwill@hotmail.com

0009-7411/© 2021 Academia Mexicana de Cirugía. Publicado por Permayer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 10-08-2021

Fecha de aceptación: 07-09-2021

DOI: 10.24875/CIRU.21000644

Cir Cir. 2023;91(1):64-72

Contents available at PubMed

www.cirugiaycirujanos.com

Introducción

Con el descubrimiento de los rayos X y su aplicación en la medicina se revolucionó la atención y el diagnóstico de patologías, pero la radiación ionizante produce cambios químicos en las células y daña el ADN, aumentando el riesgo de padecer ciertas afecciones, como cáncer¹⁻⁵. El límite de dosis anual de radiación ionizante, establecido en 1956 por la International Commission on Radiological Protection (ICRP), es de 50 mSv para trabajadores, pero para 1990 se redujo a 20 mSv promedio por año^{1,4}.

Desde hace más de 50 años la cirugía ortopédica ha utilizado la fluoroscopia y los rayos X como auxiliares en un sinnúmero de procedimientos quirúrgicos^{4,5}, y su uso se ha vuelto rutinario dentro de la cirugía ortopédica. Actualmente, el mayor grado de exposición se registra en las vertebroplastias y las cifoplastias^{5,6}, seguidas de la reducción de fracturas de cadera con el tornillo dinámico^{7,8} y los enclavados centromedulares de huesos largos^{6,7}. Por lo tanto, el cirujano ortopeda, desde hace varias décadas, está expuesto a la radiación ionizante ocupacional, recibiendo cantidades significativas, que algunas veces sobrepasan las dosis anuales recomendadas⁹. Sin embargo, con la introducción de los equipos de protección radiológica (EPR)^{2,3,10-14} y las actualizaciones y mejoras de los equipos de fluoroscopia han disminuido significativamente las dosis de radiación, tanto a los cirujanos como a los pacientes¹⁵; así como por la introducción de nuevas tecnologías de imagen, como el uso de equipos de navegación asistida por computadora⁶.

Se ha descrito que los factores que pueden favorecer la exposición a la radiación en el cirujano ortopeda son el tiempo de fluoroscopia y la distancia a la fuente de radiación. Dentro de las medidas de protección radiológica que se recomiendan se incluyen la distancia que hay entre las manos y la fuente de radiación^{11,16,17}, y el uso de EPR, como chalecos y collares plomados^{3,7,18,19}.

El EPR más utilizado es el chaleco plomado^{14,20}, que muchos cirujanos lo usan de manera rutinaria. El otro EPR más utilizado es el collarín plomado, con una resistencia a usarlo muy variada, entre el 4% y el 14%^{7,14}; hasta menos del 50% de los cirujanos lo usa²⁰, a pesar de reportar su disponibilidad. Las manos del cirujano son la parte del cuerpo más expuesta a la radiación, y los guantes de plomo pueden reducir efectivamente la dosis de radiación^{3,9,15-18,21-23}; sin

embargo, no son tan efectivos cuando se encuentran directamente en el rayo, dando una falsa sensación de seguridad en algunos casos²⁴. En algunos estudios en los que se ha valorado el grado de exposición a la radiación en las manos de los cirujanos se encontró que la dosis varía entre 0.1 y 1 mSv por procedimiento^{16,17,19,22}. Las dosis del pecho y de la tiroides variaron de 0.154 a 0.526 mSv, pero con el uso de chaleco y collarín de plomo los valores estuvieron por debajo del límite de detección de los dosímetros (< 0.010 mSv)^{3,15,19,22}. El uso de lentes plomados disminuye la probabilidad de presentar cataratas en el cristalino³ y con ello se pueden realizar más vistas fluoroscópicas antes de llegar al límite de dosis anual de 20 mSv de radiación^{9,13,15}.

El médico residente de ortopedia, en su formación y desarrollo de habilidades, sobre todo las quirúrgicas, presenta una exposición mayor a radiaciones ionizantes, debido a que en la mayoría de las cirugías en las que se utiliza la fluoroscopia se coloca cerca de la fuente de producción de rayos X^{20,25,26}, además de no portar el EPR adecuado^{14,20} y no tener suficiente conocimiento de los riesgos de la radiación². En nuestro medio no hay estudios en los que se reporte la dosis de exposición en médicos residentes, y como estos tienen una mayor actividad quirúrgica que en otros países, se considera que es de suma importancia estudiar su grado de exposición y contrastarlo con lo permitido para el personal sanitario. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue describir y analizar la exposición a radiación ionizante en médicos residentes de ortopedia en nuestro medio.

Método

Se realizó un estudio observacional longitudinal prospectivo en médicos titulados en proceso de especialización médica en ortopedia, en el periodo de enero a noviembre de 2020. Se obtuvo el número de registro R-2020-2105-038 de los comités de investigación en salud y de ética en investigación en salud. Se incluyeron todos los años de la especialidad, tomando a la totalidad de los médicos residentes de ortopedia.

A todos los médicos residentes se les dio un dosímetro de placa (InLight, Landauer, Suecia), el cual portaron durante toda su jornada laboral, en especial cuando ingresaban a cirugía y a salas de tomografía, para la medición de la exposición radiológica. El dosímetro se colocó en la filipina de quirófano por debajo del mandil plomado, a nivel del bolsillo de la

pijama, ya que es la zona de menos exposición a la radiación por debajo del chaleco plomado, de acuerdo con la literatura^{3,15,16,26,27} (Fig. 1). Cada mes se cambió hasta cumplir un periodo de 10 meses. El análisis de la cantidad de radiación absorbida fue medido por la empresa que presta el servicio de radiología en el hospital, con la medición de la exposición cada mes. La vida media del dosímetro es de 90 años y su sensibilidad es del 99.1%.

Para la valoración del comportamiento y los conocimientos acerca de la seguridad radiológica y el uso del fluoroscopio, se mandó a cada médico residente, por medio de un correo electrónico, un *link* para contestar la encuesta, la cual se había realizado previamente en Google Forms (véase el Anexo 1).

Para el análisis estadístico se utilizó la asociación de variables con la prueba t de Student y se tomó como significación estadística un valor de $p \leq 0.05$.

Resultados

La muestra total fue de 54 participantes, de los cuales el 81% ($n = 43$) fueron hombres y el 19% ($n = 11$) mujeres. La media de edad fue de 29.09 años (rango: 25-41; desviación estándar: 2.631).

En cuanto a la distribución por año de residencia, fue la siguiente: primer año (R1) 16.7% ($n = 18$), segundo año (R2) 20.4% ($n = 11$), tercer año (R3) 29.6% ($n = 16$) y cuarto año (R4) 16.6% ($n = 9$) (Fig. 2).

En la valoración de la comorbilidad, se encontró que el 33.3% presentaban sobrepeso/obesidad. Un participante presentó tiroiditis, otro asma y un tercero depresión; todos con tratamiento. En cuanto al antecedente de cáncer, dos refirieron haber padecido cáncer gástrico y una con lesión intraepitelial de bajo grado en el cérvix.

Al considerar la frecuencia de exposición a radiación, observamos que el 27.8% tuvo una exposición de dos a cinco veces por semana, el 33.3% de seis a 10 veces por semana y el 38.9% de más de 10 veces por semana.

En cuanto al entrenamiento sobre protección radiológica, el 59.3% refiere que sí tuvo entrenamiento previo, y en lo referente a la capacitación sobre seguridad radiológica solo el 22.2% cuenta con ella. Por lo tanto, respecto a la sensación de seguridad de los médicos residentes a la exposición a la radiación durante las fluoroscopias, el 87% refiere que no se sienten seguros y solo el 7% sí se sienten seguros (Tabla 1).



Figura 1. Localización del dosímetro.

También se midió el conocimiento sobre las medidas de protección radiológica en la sala de operaciones, dando como resultado que el 61.1% tienen el conocimiento y las realizan, el 24.1% tienen el conocimiento pero no las realizan y el 14.8% no tienen el conocimiento y por lo tanto no las realizan. Sobre la existencia de letreros de peligro radiológico en las salas quirúrgicas donde se utiliza la fluoroscopia de manera más frecuente, el 16.7% refieren que sí saben de su existencia (Tabla 1).

En la exploración del conocimiento sobre la existencia de EPR disponible para médicos residentes en el hospital, el 55.6% refieren tener conocimiento, el 38.9% refieren no tener conocimiento sobre la existencia y el 5.6% tienen dudas sobre si hay o no EPR (Tabla 1).

En cuanto al EPR, de los médicos residentes que lo utilizan, el 77.8% utilizan el mandil plomado, el 31.5% utilizan protección tiroidea y el 5.6% utilizan lentes de protección radiológica (Tabla 2). Solo el 13% saben que tienen que verificar la integridad del EPR antes de utilizarlo y así lo hacen, el 53.7% saben que

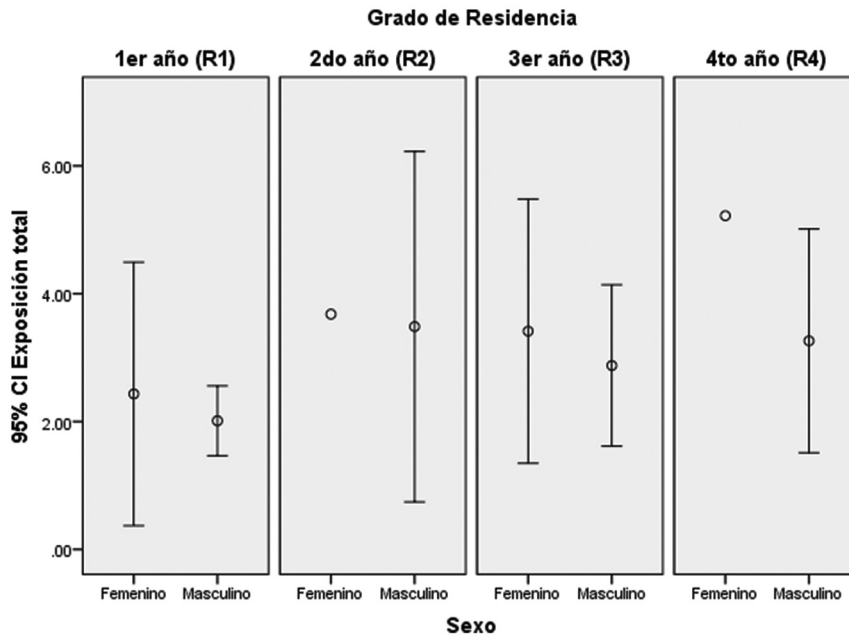


Figura 2. Medición total de exposición a radiación ionizante por sexo y por año de especialidad en médicos residentes de ortopedia.

Tabla 1. Capacitación y conocimiento sobre protección y seguridad radiológica en médicos residentes (n = 54)

% (n)	
Entrenamiento sobre protección radiológica	
Sí	59.3 (32)
No	40.7 (22)
Entrenamiento sobre seguridad radiológica	
Sí	22.2 (12)
No	77.8 (42)
Sensación de seguridad durante la exposición a radiación en las fluoroscopias o tomas de estudios radiográficos	
Sí	13.8 (7)
No	87 (47)
Conocimiento sobre las medidas de protección radiológica en la sala de operaciones	
Sí tiene conocimiento y las realiza	61.1 (33)
Sí tiene conocimiento pero no las realiza	24.1 (13)
No tiene conocimiento y no las realiza	14.8 (8)
Conocimiento sobre la existencia de letrero de peligro radiológico en las salas quirúrgicas donde se utiliza fluoroscopia	
Sí	16.7 (9)
No	83.4 (45)
Conocimiento sobre la existencia de EPR disponible para médicos residentes en el hospital	
Sí	55.6 (30)
No	38.9 (21)
Tiene dudas sobre si hay o no EPR	5.6 (3)

EPR: equipo de protección radiológica.

tienen que verificarlo pero no lo hacen, y el 33.3% no saben si se tiene que realizar o no la verificación de la integridad del EPR antes de utilizarlo (Tabla 2).

Para la medición de la exposición a la radiación ionizante, el 87% utilizan el dosímetro y el 13% no lo

usan. En las actividades en las que el médico residente porta con mayor tiempo el dosímetro es durante las cirugías (83.3%) y cuando tiene que acompañar a un paciente a la realización de una tomografía (90.7%) (Tabla 2). En este último caso, el 77.6% de los

Tabla 2. Uso del equipo de protección radiológica en médicos residentes (n = 54)

% (n)	
Uso de chaleco plomado	
Sí	77.8 (42)
No	22.2 (12)
Uso de protección tiroidea	
Sí	31.5 (17)
No	68.5 (37)
Uso de lentes de protección radiológica	
Sí	5.6 (3)
No	94.4 (51)
Verificación de la integridad del EPR previo a su uso	
Sí	13 (7)
No	53.7 (29)
No lo saben	33.3 (18)
Uso del EPR durante el ingreso al cuarto de TC con el paciente	
Sí	75.9 (41)
No	24.1 (13)

EPR: equipo de protección radiológica; TC: tomografía computarizada.

Tabla 3. Uso y resguardo del dosímetro de los médicos residentes (n = 54)

% (n)	
Uso de dosímetro en general	
Sí	87 (47)
No	13 (7)
Portación de dosímetro durante las cirugías	
Sí	83.3 (45)
No	16.7 (9)
Portación de dosímetro durante el ingreso al cuarto de TC con el paciente	
Sí	90.7 (49)
No	9.3 (5)
Resguardo del dosímetro	
En el casillero (locker) del hospital	38.9 (21)
Lo lleva en su mochila	3.7 (2)
En alguna parte de su casa	57.4 (31)
Mediciones rutinarias del dosímetro	
Tiene el conocimiento y las realiza	25.9 (14)
Tiene el conocimiento y no las realiza	61.1 (33)
No tiene el conocimiento y no las realiza	13 (7)

TC: tomografía computarizada.

médicos residentes usan el EPR durante su ingreso al cuarto de tomografía (Tabla 1).

Respecto al lugar donde el médico residente resguarda el dosímetro, el 38.9% lo dejan en su casillero (*locker*) del hospital, a pesar de que cada residente firma un resguardo del dosímetro en el que se responsabiliza de este. Así mismo, por normas institucionales debe ser guardado en su casillero personal dentro del hospital, ya que no se puede salir fuera de la unidad con el dosímetro (Tabla 3).

En cuanto al conocimiento de las mediciones rutinarias del dosímetro, el 25.9% tienen conocimiento de ellas, el 61.1% tienen conocimiento pero no las realizan y el 13% no tienen conocimiento y por tanto no las realizan (Tabla 3).

En el análisis de las actividades en quirófano relacionadas con la exposición a la radiación ionizante, durante la toma de los controles radiográficos posquirúrgicos en el 81.5% de las ocasiones es el médico residente quien sostiene el chasis para la toma de los rayos X portátiles. Del personal que maneja el fluoroscopio durante las cirugías, en el 82.9% de las ocasiones corresponde a otro médico residente que no es parte del equipo quirúrgico, mientras que en el 17.2% es parte de este (Tabla 4).

Durante la cirugía en que se utiliza fluoroscopia y la distancia en la que se encuentra por lo general del fluoroscopio, el 81.5% de los residentes se posicionan

Tabla 4. Actividades en quirófano relacionadas con exposición a radiación ionizante en médicos residentes (n = 54)

% (n)	
Sostiene el chasis durante los controles radiográficos posquirúrgicos	
Sí	81.5 (44)
No	18.5 (10)
Manejo del fluoroscopio durante las cirugías	
Médico residente del equipo quirúrgico	18.5 (10)
Otro médico residente que no es parte del equipo quirúrgico	81.5 (44)

a uno o dos pasos del equipo (menos de 1 metro), el 16.7% a menos de 3 metros y el 1.9% refiere que no le toma importancia la distancia a la que se coloque del equipo de fluoroscopia. También comentaron que, durante la cirugía, en el arco en C del equipo de fluoroscopia el tubo de rayos X se encuentra por arriba de la mesa de quirófano en el 59.3% de los casos y solo en el 25.9% se encuentra por debajo; el 14.8% de los residentes encuestados refirieron no dar importancia al lugar donde se coloca el tubo generador de rayos X.

Cuando los médicos residentes se encuentran como primer o segundo ayudante durante la cirugía, el 48.1% se colocan cerca del tubo de rayos X, el 33.3% se colocan cerca del receptor de rayos X y el 18.5% no dan importancia a donde se coloquen.

Tabla 5. Medición de la exposición a radiación ionizante por mes y por sexo en médicos residentes

Mes	Exposición (mSv) Media \pm DE	Rango*	p
Enero			
Mujeres	0.445 \pm 0.731	-0.328-0.541	0.626
Hombres	0.338 \pm 0.642		
Febrero			
Mujeres	0.363 \pm 0.455	-1.328-0.925	0.721
Hombres	0.564 \pm 1.917		
Marzo			
Mujeres	0.215 \pm 0.224	-0.117-0.167	0.722
Hombres	0.1898 \pm 0.214		
Abril			
Mujeres	0.245 \pm 0.108	-0.169-0.134	0.819
Hombres	0.262 \pm 0.254		
Mayo			
Mujeres	0.286 \pm 0.444	-0.243-0.328	0.764
Hombres	0.243 \pm 0.432		
Junio			
Mujeres	0.233 \pm 0.226	-0.157-0.129	0.846
Hombres	0.243 \pm 0.216		
Julio			
Mujeres	0.365 \pm 0.383	-0.173-0.351	0.499
Hombres	0.276 \pm 0.403		
Agosto			
Mujeres	0.219 \pm 0.068	-0.076-0.0.892	0.874
Hombres	0.213 \pm 0.372		
Septiembre			
Mujeres	0.369 \pm 0.525	-0.663-0.319	0.193
Hombres	0.242 \pm 0.189		
Octubre			
Mujeres	0.520 \pm 0.731	-0.047-0.528	0.020
Hombres	0.233 \pm 0.163		
Exposición total			
Mujeres	3.260 \pm 1.688	-0.984-1.890	0.529
Hombres	2.807 \pm 2.304		
Total	2.9 \pm 2.17	1.25-14.28	0.424

DE: desviación estándar. *Calculado con intervalo de confianza al 95%.

El 98.1% consideran que se realizan disparos con el fluoroscopio de forma recurrente durante la cirugía.

En la valoración de las mediciones del dosímetro de manera mensual y en contraste con el sexo (Tabla 5), se determinaron las medias mediante la prueba t de Student, con intervalo de confianza del 95% (IC95%) y asumiendo varianzas iguales. La media de la exposición total a la radiación ionizante en las mujeres fue de 3.260 \pm 1.688 mSv, mientras que en los hombres fue de 2.807 \pm 2.304 mSv, con una exposición media total de 2.9 \pm 2.17 mSv (IC95%: 1.25-14.28; p = 0.424) (Tabla 5 y Fig. 2).

En la valoración de las mediciones del dosímetro de manera mensual y en contraste con el año de residencia, se determinaron las medias mediante la prueba t de Student, con IC95% y asumiendo varianzas iguales entre subgrupos (R1 y R2, R3 y R4). Se obtuvo que la exposición total a la radiación ionizante por año fue para R1 2.105 \pm 1.006 mSv, para R2 3.503 \pm 2.635 mSv, para R3 3.079 \pm 1.798 mSv y para R4 3.480 \pm 2.063 mSv (Tabla 6 y Fig. 2).

Discusión

La cirugía ortopédica cada vez hace más uso de la fluoroscopia y de la toma de rayos X durante el acto quirúrgico, como auxiliares para el tratamiento y como control de la calidad del acto quirúrgico. Se ha estipulado que el cirujano ortopedista está en una continua exposición a la radiación ionizante y los efectos biológicos que esta produce en el cuerpo, con alta probabilidad de desarrollo de cánceres asociados a la exposición a la radiación crónica por acumulación de bajas dosis, con un incremento de cáncer después de 10-15 años^{1,3}. Por lo tanto, para mitigar la exposición a la radiación y disminuir los efectos estocásticos de esta, la ICRP recomienda como medidas de protección radiológica la distancia de la fuente de radiación ionizante al cirujano y el uso de EPR (mandiles, collarines tiroideos, guantes y lentes plomados).

Este estudio reporta que el 77.8% de los médicos residentes portan mandil plomado y el 31.5% solo porta collarín tiroideo. El mandil plomado es el EPR más utilizado según la literatura mundial, seguido del collarín tiroideo; este último con menor porcentaje de uso y con una resistencia por parte del personal de quirófano a su uso, a pesar de haberse reportado su disponibilidad^{2,6,14,20,27}. En el hospital se cuenta con EPR disponible para médicos residentes, que consiste en mandil plomado, collarín tiroideo y lentes plomados, además de que se ha dado la orden por parte de la Dirección de Educación e Investigación en Salud del Hospital de reusarse a entrar a quirófano si no se porta o no se tiene EPR disponible durante la cirugía en la que se utilice el fluoroscopio. Se observa cierta resistencia al uso a estos, en especial al collarín tiroideo, a pesar de que el 55.6% tienen conocimiento de la existencia de EPR disponible para médicos residentes.

En lo referente a la distancia de la fuente de rayos X al cirujano, cuanto mayor sea esta, menor es el riesgo de recibir radiación ionizante. De acuerdo a la encuesta realizada, el 81.5% se colocan a una

Tabla 6. Medición de la exposición a radiación ionizante por mes y por grado de especialidad en médicos residentes

Mes	Exposición (mSv) Media ± DE	Rango*	p
Enero			
R1	-	-0.459-0.213	0.000
R2	0.336 ± 0.257		
R3	0.633 ± 0.877	-0.767-0.757	0.990
R4	0.638 ± 0.908		
Febrero			
R1	-	-3.261-0.183	0.005
R2	0.564 ± 1.917)	-0.637-0.304	
R3	0.384 ± 0.353)		0.471
R4	0.551 ± 0.789)		
Marzo			
R1	-	-0.304-0.203	0.00
R2	0.189 ± 0.214		
R3	0.287 ± 0.223	-0.265-0.134	0.506
R4	0.352 ± 0.248		
Abril			
R1	0.299 ± 0.379	-0.163-0.314	0.520
R2	0.224 ± 0.068		
R3	0.239 ± 0.098	-0.102-0.071	0.0710
R4	0.254 ± 0.104		
Mayo			
R1	0.326 ± 0.654	-0.231-0.585	0.380
R2	0.148 ± 0.035		
R3	0.169 ± 0.078	-0.471-0.047	0.104
R4	0.381 ± 0.498		
Junio			
R1	0.276 ± 0.228	-0.013-0.273	0.073
R2	0.146 ± 0.033		
R3	0.206 ± 0.109	-0.448-0.128	0.241
R4	0.366 ± 0.372		
Julio			
R1	0.450 ± 0.637	-0.138-0.656	0.192
R2	0.191 ± 0.048		
R3	0.250 ± 0.221	-0.105-0.209	0.498
R4	0.198 ± 0.060		
Agosto			
R1	0.184 ± 0.046	-0.058-0.577	0.104
R2	0.205 ± 0.051		
R3	0.256 ± 0.240	-0.108-0.195	0.561
R4	0.212 ± 0.641		
Septiembre			
R1	0.313 ± 0.434	-0.188-0.360	0.525
R2	0.227 ± 0.091		
R3	0.243 ± 0.641	-0.181-0.229	0.809
R4	0.284 ± 0.234		
Octubre			
R1	0.257 ± 0.205	-0.121-0.168	0.741
R2	0.234 ± 0.143		
R3	0.393 ± 0.641	-0.353-0.569	0.633
R4	0.284 ± 0.234		
Exposición total			
R1	2.105 ± 1.006	-3.245-0.449	0.132
R2	3.503 ± 2.635		
R3	3.079 ± 1.798	-0.203-1.232	0.616
R4	3.480 ± 2.063		

DE: desviación estándar; R1: médicos residentes de primer año; R2: médicos residentes de segundo año; R3: médicos residentes de tercer año; R4: médicos residentes de cuarto año.

*Calculado con intervalo de confianza al 95%.

distancia menor de 1 metro. La literatura muestra que la probabilidad de presentar efectos estocásticos de la exposición a la radiación ionizante ocupacional se limitan cuando el personal de quirófano se encuentra a más de 1 metro de distancia de la fuente de rayos X y con el uso de mandil de plomo^{3,9,26,28}.

También es importante señalar que con la fuente de rayos X del fluoroscopio por debajo de la mesa de quirófano los niveles de dosis son menores en el pecho, la pelvis y los dedos del cirujano³, siempre y cuando vista un mandil de plomo para la protección del tórax y la región gonadal. En contraste con el estudio realizado en nuestro hospital, se encontró que en el 59.3% de las cirugías con fluoroscopia el tubo de rayos X se encuentra por arriba de la mesa de quirófano y en el 25.9% se encuentra por debajo.

Sin embargo, el estudio demostró que la dosis de exposición total acumulada a 11 meses de los médicos residentes de ortopedia del hospital tuvo una media de 2.9 ± 2.17 mSv, lo cual se encuentra por debajo del límite recomendado por la ICRP, que es de 20 mSv^{5,23}, a pesar de que el 13% de los médicos residentes no portaban el dosímetro en algún momento durante su práctica clínica complementaria (guardia) y durante el servicio rotante, ni usar el EPR de manera completa, y el 81.5% estar a menos de 1 metro de la fuente de producción de rayos X. En un estudio con médicos de base y médicos residentes de ortopedia se encontró que la dosis recibida era más baja que la dosis recomendada²⁵. En otro estudio²⁶ realizado en Turquía que comparó la exposición a la radiación en cirugías ortopédicas se encontró que la exposición anual total a radiación ionizante era menor que la permitida por la *International Commission on Radiological Protection* (ICRP), pero la cantidad de exposición radiológica ocupacional era mayor en los médicos asistentes que en los cirujanos. En el análisis de esta investigación, los autores señalan que la mayor exposición se debe a que la fuente de rayos X generalmente se encuentra cerca del lado del cirujano asistente, a menos de 1 metro, aunque vestían mandil y protector tiroideo plomados.

Es importante señalar que este estudio es el primero que se realiza en México y Latinoamérica en médicos residentes de ortopedia, ya que este grupo tiene mayor exposición a la radiación ionizante. Como señalan Matityahu et al.⁶, los cirujanos más jóvenes tienen mayor riesgo de exposición, ya que utilizan más tomas de fluoroscopia durante la cirugía que los cirujanos con mayor experiencia. Los médicos residentes de la mayoría de los hospitales en México, en



Figura 3. Localización del dosímetro debajo del mandil plomado.

especial los R3 y R4, tienen una mayor actividad quirúrgica, debido a que participan en más procedimientos quirúrgicos dentro de las guardias y hacen un mayor uso del fluoroscopio durante los procedimientos quirúrgicos ortopédicos, pues por la inexperiencia y la falta de habilidad realizan más tomas que los médicos de base y, por lo tanto, están en mayor exposición a radiación ionizante. Además, una fortaleza de este estudio es que es el primero con una muestra importante de participantes.

Por otra parte, observamos que las mujeres estuvieron más expuestas que los hombres. En el análisis se especula que es debido a un mal uso del dosímetro, no siguiendo las indicaciones de utilizarlo por debajo del mandil plomado, o a una exposición a radiación ionizante por otros medios o por no portar el EPR durante las cirugías en las que se utiliza fluoroscopia. Este hallazgo se observó en el monitoreo mensual que dio la empresa encargada de la medición de la exposición, por lo que se cita a las médicas residentes que presentaron esta alza en la exposición. Las medidas tomadas fueron reforzar la capacitación sobre el uso adecuado del dosímetro y hacer

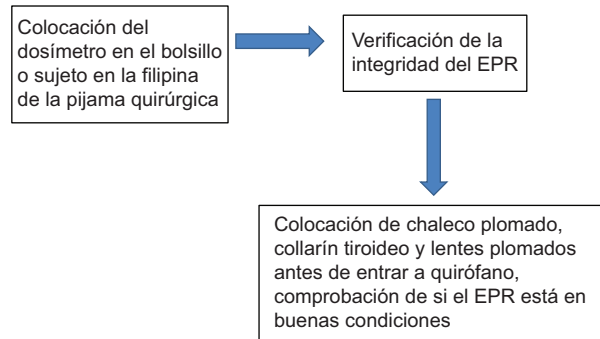


Figura 4. Organigrama de verificación del equipo de protección radiológica (EPR) antes de entrar a una cirugía ortopédica donde se utilice fluoroscopia.

ver la importancia del uso del EPR, así como invitarlas a portar adecuadamente el dosímetro.

Las limitaciones de este trabajo es que a los R1 solo se les realizó la medición de 8 meses, ya que el curso de especialización médica se inicia en marzo, posterior a octubre de 2020, y no se contó con el recurso (dosímetro) para realizar las mediciones a 1 año. Otra desventaja es la falta de concientización por parte de los médicos residentes sobre los riesgos de la exposición prolongada a la radiación ionizante y los efectos estocásticos que produce en el cuerpo. Ante esto, desde marzo de 2021, dentro del curso de introducción a la residencia, a todos los médicos residentes se les refuerza con una clase sobre medidas de protección radiológica y se establece un organigrama del adecuado uso del EPR y la verificación de la integridad de este (Fig. 3 y 4), para crear una concientización del buen uso del EPR.

Conclusiones

Se demostró que los residentes de ortopedia reciben dosis de radiación menores que el límite recomendado por la ICRP. Sin embargo, en la mayoría de ellos hay una falta de conocimientos sobre protección radiológica e ignoran los efectos adversos de la radiación, a pesar de haber recibido previamente una capacitación sobre el uso del EPR y la seguridad radiológica.

Es necesaria una mayor concientización sobre la portación del EPR completo durante las cirugías ortopédicas en las que se utilice la fluoroscopia, así como programas de educación dentro del curso de especialización médica sobre medidas de protección radiológica para el personal sanitario.

Agradecimientos

Los autores agradecen al servicio de radiología e imagen de la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia Manuel Ávila Camacho por su apoyo.

Financiamiento

Los autores manifiestan que no hubo financiamiento externo ni patrocinio para la realización del estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses respecto al presente manuscrito. Los dosímetros son facilitados por la compañía de seguridad radiológica que presta servicios de radiología al hospital.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Material suplementario

El material suplementario se encuentra disponible en DOI: 10.24875/CIRU.21000644. Este material es provisto por el autor de correspondencia y publicado online para el beneficio del lector. El contenido del material suplementario es responsabilidad única de los autores.

Bibliografía

1. Vivas MR, Herrera HS, Guyot JP, Santini Araujo MG, Dello Russo B, Castellini J. Informe sobre la radio-exposición en el personal quirúrgico de ortopedia y traumatología. Principios, marco legal y análisis situacional en la Argentina. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol.* 2018;83:210.

2. Frane N, Megas A, Stapleton E, Ganz M, Bitterman AD. Radiation Exposure in orthopaedics. *JBJS Rev.* 2020;8:e0060.
3. Van Der Merwe B. Radiation dose to surgeons in theatre. *South African J Surg.* 2012;50:26-9.
4. Clement CH, Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M, Hendry JH, Kleiman NJ, et al. ICRP publication 118: ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs. Threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. *Ann ICRP.* 2012;41:1-322.
5. ICRP. ICRP publication 103: Recommendations 2007 de la Commission Internationale de Protection Radiologique. *Ann ICRP.* 2007;37:1-417.
6. Matiyahu A, Duffy RK, Goldhahn S, Joeris A, Richter PH, Gebhard F. The great unknown — a systematic literature review about risk associated with intraoperative imaging during orthopaedic surgeries. *Injury.* 2017;48:1727-34.
7. Devalia KL, Peter VK, Madanur MA, Braithwaite IJ. Exposure of the thyroid to radiation during routine orthopaedic procedures. *Acta Orthop Belg.* 2006;72:615-20.
8. Giachino AA, Cheng M. Irradiation of the surgeon during pinning of femoral fractures. *J Bone Jt Surg - Ser B.* 1980;62:227-9.
9. Singer G. Occupational radiation exposure to the surgeon. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13:69-76.
10. Khan IA, Kamalasekaran S, Ali Fazal M. Risk of ionising radiation to trainee orthopaedic surgeons. *Acta Orthop Belg.* 2012;78:106-10.
11. Mechlenburg I, Daugaard H, Søballe K. Radiation exposure to the orthopaedic surgeon during periacetabular osteotomy. *Int Orthop.* 2009;33:1747-51.
12. Lee K, Lee KM, Park MS, Lee B, Kwon DG, Chung CY. Measurements of surgeons' exposure to ionizing radiation dose during intraoperative use of C-arm fluoroscopy. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37:1240-4.
13. Burns S, Thornton R, Dauer LT, Quinn B, Miodownik D, Hak DJ. Typical fluoroscopic views of the hip and pelvis. *J Bone Jt Surg.* 2013;95:1307-12.
14. Devalia KL, Guha A, Devadoss VG. The need to protect the thyroid gland during image intensifier use in orthopaedic procedures. *Acta Orthop Belg.* 2004;70:474-7.
15. Mroz TE, Yamashita T, Davros WJ, Lieberman IH. Radiation exposure to the surgeon and the patient during kyphoplasty. *J Spinal Disord Tech.* 2008;21:96-100.
16. Von Wrangel A, Cederblad A, Rodríguez-Catarino M. Fluoroscopically guided percutaneous vertebroplasty: assessment of radiation doses and implementation of procedural routines to reduce operator exposure. *Acta Radiol.* 2009;50:490-6.
17. Tuohy CJ, Weikert DR, Watson JT, Lee DH. Hand and body radiation exposure with the use of mini C-arm fluoroscopy. *J Hand Surg Am.* 2011;36:632-8.
18. Synowitz M, Kiwit J. Surgeon's radiation exposure during percutaneous vertebroplasty. *J Neurosurg Spine.* 2006;4:106-9.
19. Harstall R, Heini PF, Mini RL, Orlor R. Radiation exposure to the surgeon during fluoroscopically assisted percutaneous vertebroplasty: a prospective study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:1893-8.
20. Fidan F, Çetin MU, Kazdal C, Kılıç F, Özkaya U. Behaviour and knowledge skill levels of orthopedic surgeons about radiation safety and fluoroscopy use: a survey analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2019;53:301-5.
21. Koh IJ, Kim MW, Kim MS, Jang SW, Park DC, In Y. The patient's perception does not differ following subvastus and medial parapatellar approaches in total knee arthroplasty: a simultaneous bilateral randomized study. *J Arthroplasty.* 2016;31:112-7.
22. Li YY, Huang TJ, Cheng CC, Wu MH, Lee CY. Comparing radiation exposure during percutaneous vertebroplasty using one vs two-fluoroscopic technique. *BMC Musculoskelet Disord.* 2013;14:38.
23. Singer G. Radiation exposure to the hands from mini C-arm fluoroscopy. *J Hand Surg Am.* 2005;30:795-7.
24. Struelens L, Schoonjans W, Schils F, De Smedt K, Vanhavere F. Extremity and eye lens dosimetry for medical staff performing vertebroplasty and kyphoplasty procedures. *J Radiol Prot.* 2013;33:635-45.
25. Gausden EB, Christ AB, Zeldin R, Lane JM, McCarthy MM. Tracking cumulative radiation exposure in orthopaedic surgeons and residents. *J Bone Jt Surg - Am Vol.* 2017;99:1324-9.
26. Tasbas BA, Yagmurlu MF, Bayrakci K, Ucaner A, Heybeli M. Which one is at risk in intraoperative fluoroscopy? Assistant surgeon or orthopaedic surgeon? *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003;123:242-4.
27. Ahn Y, Kim CH, Lee JH, Lee SH, Kim JS. Radiation exposure to the surgeon during percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a prospective study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38:617-25.
28. Abdullah KG, Bishop FS, Lubelski D, Steinmetz MP, Benzell EC, Mroz TE. Radiation exposure to the spine surgeon in lumbar and thoracolumbar fusions with the use of an intraoperative computed tomographic 3-dimensional imaging system. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37:E1074-8.