

Exposición a la radiación de los cirujanos en la fijación interna de fracturas de radio distal

FERNANDO VANOLI, LUCIANO GENTILE, SANTIAGO L. IGLESIAS, ESTEBAN LOBOS CENTENO, MARÍA PILAR DIAZ, CHRISTIAN A. ALLENDE NORES

Instituto Allende de Cirugía Reconstructiva de los Miembros, Sanatorio Allende, Córdoba

Recibido el 4-12-2016. Aceptado luego de la evaluación el 20-5-2017 • Dr. FERNANDO VANOLI • fer_vanoli@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: El objetivo de este estudio es proveer valores de referencia de dosis de radiación absorbida por el cirujano en la reducción abierta y fijación interna con placa volar de fracturas inestables de radio distal.

Materiales y Métodos: Entre mayo y diciembre de 2015, se evaluó prospectivamente la exposición a la radiación de dos cirujanos, usando dosímetros en tórax, cuello y muñeca en las cirugías de fracturas inestables de radio distal. Se construyó un índice relativo para cada cirugía a fin de identificar las diferencias entre los sitios y establecer valores de referencia para el monitoreo de la exposición.

Resultados: Se evaluaron los resultados en las cirugías de 50 pacientes. El procedimiento quirúrgico promedió 40 minutos (DE 2.06); se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos cirujanos ($p = 0,043$). El tiempo promedio de exposición del arco en C fue de 75 segundos y difirió significativamente entre los cirujanos ($p = 0,007$) y entre los sitios ($p < 0,05$). Hubo menos radiación en el tórax (protegido con chaleco de plomo, 0,04 mSv) que en los otros dos sitios (no protegidos): muñeca 0,017 mSv y tiroides 0,18 mSv.

Conclusiones: En la reducción abierta y fijación interna de fracturas de radio distal, los cirujanos están expuestos a la radiación directa durante la fluoroscopia, la cual varía conforme el sitio de exposición y no es homogénea entre los profesionales. La cantidad de radiación recibida por los cirujanos, cuando se consideran aisladamente las fracturas de radio distal, no puede asociarse a un mayor riesgo de cáncer o desarrollo de malignidad.

Palabras clave: Radiación; arco en C; fracturas de radio distal.

Nivel de Evidencia: II

SURGEON'S RADIATION EXPOSURE IN THE INTERNAL FIXATION OF DISTAL RADIUS FRACTURES

ABSTRACT

Introduction: The objective of this study is to provide reference values of radiation doses absorbed by surgeons during open reduction and internal fixation of distal radius fractures.

Methods: We prospectively evaluated radiation exposure during surgery for distal radius fracture between May and December 2015. Exposure was evaluated in two surgeons using dosimeters in thorax, neck, and wrist. A relative radiation index for each surgery was calculated to identify the differences among sites and to establish reference values for radiation monitoring.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

Results: Results of surgery performed in 50 patients were evaluated. Surgical procedure averaged 40 minutes (SD 2.06), and there were no statistically significant differences between both surgeons ($p=0.043$). C-arm exposure time averaged 75 seconds. There were significant differences between surgeons ($p=0.007$) or among sites ($p<0.05$). Radiation in the thorax was smaller (protected with a lead vest, 0.04 mSv) than in the other two sites (not protected with lead): wrist 0.017 mSv and thyroid 0.18 mSv.

Conclusions: During open reduction and internal fixation of distal radius fractures, surgeons are exposed to direct radiation during fluoroscopy, which varies according to the exposure site and it is not uniform among surgeons. The amount of radiation received by surgeons, when only distal radius fractures are considered, cannot be associated with increased risk of cancer or malignancy development.

Key words: Radiation; C-Arm; distal radius fracture.

Level of Evidence: II

Introducción

La radioscopia intraoperatoria con arco en C es fundamental para lograr reducciones anatómicas, una adecuada estabilización y abordajes menos invasivos en las fracturas. El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido una reducción importante del tamaño de estos dispositivos y su uso más fácil en los quirófanos. El arco en C permite al cirujano reducir fracturas y colocar el implante sin una amplia desvitalización de tejidos blandos que resulta en una tendencia quirúrgica menos invasiva.¹

A pesar de todos los beneficios claros con el uso de estos aparatos, la exposición sigue siendo un problema. Mastrangelo y cols. encontraron una incidencia de cáncer cinco veces mayor en profesionales expuestos a la radiación que en aquellos no expuestos.² Los efectos adversos de la radiación están bien documentados en la literatura e incluyen mayor riesgo de cáncer de piel, cataratas, cáncer de tiroides y leucemia.³⁻⁵ Aunque, principalmente en las Salas de Operaciones, se dispone de delantales, guantes, gafas protectoras e incluso protectores de tiroides de plomo, sólo un 80,4% de los cirujanos ortopédicos usa pro-



▲ **Figura 1.** Localización de los dosímetros en el cirujano.

tección el 75% de las veces, y solo el 42,2% reconoce el uso del protector de tiroides.⁶

Los objetivos de este trabajo fueron proveer valores de referencia de dosis de radiación absorbida por los cirujanos en las cirugías de fracturas inestables de radio distal tratadas mediante reducción abierta y fijación interna con placa volar bloqueada, y determinar el grado de exposición de las manos, el tórax y el cuello de los cirujanos en dichos procedimientos para determinar el riesgo de desarrollar cáncer.

Materiales y Métodos

Entre mayo y diciembre de 2015, se analizó prospectivamente la absorción de rayos en dos cirujanos que operaron a 50 pacientes >18 años, de ambos sexos, internados en nuestra institución con fracturas de radio distal tratadas mediante reducción abierta y fijación interna con placas volares bloqueadas. Se excluyó a los pacientes con fracturas tratadas con otros métodos de osteosíntesis o por otros cirujanos. Se utilizaron tres dosímetros: uno ubicado en el tórax (cubierto por chaleco de plomo); uno, en la región anterior del cuello (externo al protector de tiroides) y el último localizado en la muñeca derecha (dominante) de los cirujanos (Figura 1).

Para el procedimiento se utilizó siempre la misma mesa de mano y el arco en C reseteado, respetando la misma altura desde el tubo hasta la muñeca (50 cm). Se empleó

un arco en C SIEMENS Siremobil Compact L, cuyas características son las siguientes: la entrada de potencia máxima es de 1,4 kW, la corriente máxima del tubo es de 12,2 mA, el espacio libre que posee es de 78 cm, la profundidad de inmersión es de 73 cm, el movimiento de órbita es de 130° y la interfase de navegación es analógica. Para la absorción de radiación se usaron tres dosímetros, marca AGFA. Se trata de dosímetros de películas, los cuales utilizan películas radiográficas para captar la radiación absorbida.

Se utilizó el abordaje anterior de Henry para la reducción abierta de la fractura.⁷ Una vez que se accedió al radio, se realizó la reducción y la osteosíntesis de la fractura con una placa volar bloqueada. Se decidió evaluar la absorción en este tipo de fracturas, porque se necesita una reducción indirecta por tracción, exponiendo las manos a la radiación (Figura 2). Las fracturas fueron subdivididas según la clasificación AO.

Como la dosis recibida fue observada de manera acumulada, luego de $n_1 = 29$ y $n_2 = 21$ cirugías para dos cirujanos (en adelante, CA y FP, respectivamente), se construyó un índice relativo (IR) de radiación para cada cirugía, a los fines de obtener medidas de exposición individuales y, en promedio, realizar comparaciones entre sitios de observación representados por los tres dosímetros. El IR (individual, para cada cirujano, en cada cirugía y en cada uno de los sitios) se define como el cociente entre la dosis acumulada recibida y el total de cirugías de radio distal efectuadas por cada profesional, ponderado por el tiempo



▲ **Figura 2.** Maniobras de reducción y exposición de las manos.

de radioscopia de cada intervención. Su expresión es la siguiente:

$$IR_i^k = \frac{d_s^k}{n_k} t_i^k,$$

donde k representa al profesional, $k=1,2$; d es la dosis total o aquella obtenida por el dosímetro en cada sitio (chaleco, muñeca o tiroides) acumulada en las I cirugías, $i=1, \dots, I$ ($I = 29$ o 21 según $k=1$ o $k=2$, respectivamente) y t representa el tiempo de radioscopia en cada intervención, por el profesional k -ésimo. Estos valores individuales se suman para evaluar el total de la dosis en cada sitio de observación.

Se llevó a cabo un análisis exploratorio para describir el estudio y se utilizaron pruebas de hipótesis para diferencias de medias de los IR en los dos profesionales y, dentro de cada cirujano, para evaluar posibles diferencias entre los promedios de IR en cada sitio de observación (chaleco *versus* muñeca, muñeca *versus* tiroides, etc.).

Todas las rutinas y los análisis se realizaron con el programa Stata14.0 (Statacorp LP. College Station, TX, EE.UU., 2014).

Resultados

Se analizaron los resultados de las cirugías de 50 pacientes, desde mayo hasta diciembre de 2015. El 64% de ellos eran mujeres, con un promedio de edad de 53 años (desviación estándar [DE] 15,19; rango de 23 a 78). El tiempo total de cirugía fue de 40 minutos (DE 2,06), con diferencias significativas entre ambos cirujanos (43 vs. 36 min,

$p = 0,0436$, respectivamente, para los cirujanos 1 y 2); la reducción y la osteosíntesis en las fracturas de radio distal requirieron una exposición a los rayos de 75 segundos (de entre 12 y 450 s); la corriente utilizada por el arco en C fue de 0,65 mA (DE 0,20), variable según la duración de las cirugías, no hubo asociación con el sexo ($p = 0,2652$), con la edad ($p = 0,111$), ni con la presencia o no de fractura de apófisis estiloides de cúbito ($p = 0,7921$).

De acuerdo con la clasificación AO, el 54% de las fracturas eran de tipo A; el 14%, de tipo B y el 32%, de tipo C. El largo promedio de la incisión fue de 4,3 cm (DE 0,82), con un mínimo de 3 y un máximo de 6,5 cm.

La dosis medida (dosímetro) acumulada a lo largo de las cirugías para ambos cirujanos se muestra en la Tabla. Como para estas dosis absorbidas no fue posible registrar valores aislados (único valor acumulado) y, por ende, obtener alguna medida de su precisión, las comparaciones se llevaron a cabo sobre los IR construidos, a través de sus dosímetros, y para cada sitio de observación. Los valores promedio y sus DE, así como los valores p de dichas comparaciones, se muestran en la Tabla. Se observa que, en términos globales, hay diferencias significativas entre los cirujanos ($p = 0,007$) y entre los sitios; para ambos, la radiación en el tórax es menor que en los otros dos sitios. En uno de los cirujanos (FP), el IR obtenido para la tiroides fue el más alto de los tres calculados (0,0071), sin diferencias significativas ($p = 0,545$) con el cirujano 1 ($k=1$).

El patrón de distribución de la dosis relativa y ponderada, descrita a través del IR total, fue diferente en los cirujanos, la terna (chaleco, muñeca, tiroides) fue del 8%, 50% y 42% para $k=1$ (CA) y del 15%, 31% y 54% para $k=2$ (FP).

Tabla. Valores de dosis absorbida e índices construidos

Indicadores de dosis absorbida de radiación	Valores promedio (desviación estándar) CA(k=1)		Valores promedio (desviación estándar) FP(k=2)	
	I = 29	p	I = 21	p
IR total	0,0125 (0,0130)*		0,0053 (0,0023)*	0,007
IR Chaleco (1)	0,00096 (0,0010)	-	0,00081 (0,0004)	-
IR Muñeca (2)	0,0063 (0,0065)	0,002 (1 vs. 2)	0,0016 (0,0007)	<0,0010
IR Tiroides (3)	0,0053 (0,0055)	0,002 (1 vs. 3) 0,544 (2 vs. 3)	0,0029 (0,0012)	0,0004 0,0071
Dosis acumulada:				
-Chaleco		0,25		0,13
-Muñeca		0,02		0,02
-Tiroides		0,13		0,04
		0,11		0,07

IR = índice relativo.

Discusión

En general, los cirujanos están expuestos a la radiación tanto en forma directa como de manera dispersa. La *International Commission on Radiological Protection*⁸ ha establecido las normas para la protección contra la radiación, inclusive los límites de dosis. El límite de dosis anual máxima admisible es de 20 mSv para el cuerpo y de 500 mSv para las manos. Sin embargo, el límite de dosis para el personal no clasificado (por ejemplo, los cirujanos ortopédicos) es sólo el 30% de estos límites (es decir, 150 mSv para las manos).⁹ El límite de radiación para la tiroides es de 300 mSv.¹⁰ Si bien nuestro estudio no incluye un año, sino 8 meses, se puede inferir que el límite de radiación absorbida en nuestra institución no superaría el límite anual (0,18 mSv). Esto aportaría indicios sobre la posible atribución que pudiera darse a la exposición continua de cada cirujano y la presencia de patologías asociadas con este fenómeno. Por otro lado, de mantenerse las mismas prácticas ortopédicas acá utilizadas, los valores encontrados de dosis absorbidas, no cercanos al límite permitido, no justificarían el uso de otro tipo de instrumental radioscópico. Pero debe concientizarse que los cirujanos no solo se exponen a rayos durante las fracturas de radio distal, por lo que este IR se debería adicionar a todos los procedimientos en los que los cirujanos estén expuestos a radioscopia.

La distribución de la dosis secundaria alrededor del paciente no es uniforme y no sigue exactamente la ley inversa como en el caso de una fuente puntual (radiación dispersa) y el personal debería usar un gran número de dosímetros para registrar la dosis absorbida por las diversas partes del cuerpo, como ojos, frente, cuello, tiroides, dedos y manos.¹¹ El uso de dosímetros individuales puede conducir a subestimar la dosis efectiva. En este estudio, se intentó dilucidar este aspecto, estableciendo tres sitios diferentes de medición de la exposición. Un solo dosímetro bajo un delantal protector para todo el cuerpo no es suficiente para medir las dosis de radiación en otras partes de la anatomía; un dosímetro por encima y otro por debajo del delantal es una buena práctica en el caso de personal fuertemente irradiado.

El uso inadecuado o el descuido en el uso de los dispositivos de protección o la mala práctica (por ejemplo, la colocación de las manos en el haz directo de rayos X) podría dar lugar a dosis altas en sitios inesperados y una pobre correlación de los datos dosimétricos.¹² Se sugiere que los dosímetros deben estar situados debajo del delantal de plomo (para la estimación de todo el cuerpo), fuera de la plataforma a nivel del hombro, en el protector de tiroides y en la mano.^{12,13} Los dosímetros modernos, como los termoluminiscentes, se pueden localizar en la frente, sobre el protector de tiroides, en forma de anillo. Estos deberían ser usados por el personal durante los procedimientos para evaluar la dosis exacta de radiación

en dichas localizaciones anatómicas.¹⁴⁻¹⁶ Nosotros utilizamos dosímetros de película, ya que son de bajo costo, sencillos de usar y resistentes al empleo diario, sensibles a la luz y a la humedad, y permiten tener un registro permanente de la dosis acumulada, generalmente en períodos de un mes.

Tuhoy y cols. investigaron la radiación recibida en la mano y en todo el cuerpo de cuatro cirujanos ortopédicos, durante un año, con el uso de radioscopia y como dosímetros en el tórax, en el dedo y debajo del delantal de plomo. En 198 procedimientos quirúrgicos, mostraron que el tiempo de exposición para las manos fue de 133 segundos, con 0,063 mSv de radiación, por caso realizado. La dosis medida por el dosímetro ubicado debajo del delantal de plomo fue de 0,01 mSv en todo el año. Los autores concluyen en que la radiación a la que están expuestos los cirujanos de mano alcanzaría el límite anual (500 mSv en EE.UU.) después de 7900 procedimientos en un año.⁴ En nuestra serie, el tiempo de exposición fue significativamente menor (75 vs. 133 s), probablemente debido a que la radioscopia es dada por técnicos especializados en radiología y no por el cirujano. Además, este tiempo es teórico, debido a posibles variaciones en la posición de la mano (Figura 3) o a la distancia de esta respecto del colimador, como así también a la calidad del hueso. En otro estudio, Singer y cols. mostraron que la exposición de la mano durante procedimientos guiados por radioscopia con el uso de anillo dosímetro implicó un tiempo de radioscopia de 51 segundos y una exposición de 0,2 mSv, por caso.¹⁷

Por otra parte, Thompson y cols. calcularon un total de 0,01 mSv para un cirujano.¹⁸ La comparación de estos estudios revela lo insignificante que es la absorción por separado. En nuestro caso, la dosis de un cirujano fue de 0,26 mSv y la del otro, de 0,13 mSv, aunque no son directamente comparables, debido que fueron registradas de manera diferente, es decir, en el presente trabajo, de manera acumulada, e individualmente, a través del IR. Este estudio mostró resultados que, a nivel del IR de dosis absorbida construido, ofrecen indicios sobre las diferencias significativas de exposición en la tiroides y la muñeca, respecto del tórax de los cirujanos.

En nuestro estudio, se observó que el dosímetro que estaba en el tórax fue el que menor radiación recibió, porque se encontraba por debajo del chaleco de plomo. El resto de los dosímetros recibió cantidades similares de radiación con la diferencia de que uno de ellos, el de tiroides, estaba colocado por delante del protector plomado de tiroides y el otro directamente sobre la piel, midiendo, de esta forma, el impacto directo de los rayos sobre la mano.

Los indicadores o índices son variables que intentan medir u objetivar, en forma cuantitativa, sucesos individuales (o colectivos), especialmente sucesos difíciles de medir, para así poder respaldar acciones de prevención o



▲ **Figura 3.** Variaciones en la posición de la mano.

actuar modificando esas respuestas. Estos son necesarios para poder objetivar una situación determinada y, a la vez, poder evaluar su comportamiento en el tiempo comparándolos con otras situaciones que utilizan la misma forma de medición. Sin ellos tendríamos dificultades para efectuar comparaciones.

El índice construido en este trabajo provee un indicador, el cual de ser usado con posterioridad y por otros profesionales o instituciones, aportaría, en ese sentido, a realizar comparaciones, y constituiría un elemento objetivo para monitorear las dosis absorbidas por dichos cirujanos en su práctica profesional. Se calcula de manera individual para cada cirugía (lo que no es factible desde el dosímetro en sí) y es relativo al total de situaciones de exposición, tornando esa medida una característica independiente de la cantidad total que el cirujano realice.

Conclusiones

Este estudio mostró que existe una diferencia significativa en la cantidad de exposición a la radiación entre los cirujanos y entre los sitios del cuerpo evaluados (tórax, tiroides y muñeca). La cantidad de exposición a la radiación recibida por los cirujanos, cuando se consideran aisladamente las fracturas de radio distal, no puede ser asociada a un mayor riesgo de cáncer o al desarrollo de malignidad, pero será la resultante de la sumatoria de la radiación recibida por cada cirujano durante todos los procedimientos que necesiten radioscopia, la que determinará el riesgo incrementado o no de desarrollar cáncer en cada caso particular. Por lo tanto, es fundamental concientizar a los cirujanos sobre la importancia de utilizar todos los medios disponibles de protección para disminuir la exposición a la radiación.

Bibliografía

1. Gutierrez Olivera N, Ruchelli L, Iglesias S, Capomassi M, Allende C. Minimally invasive plate osteosynthesis in distal radius fractures with metaphyseal extension: A series of 13 cases. *Chir Main* 2015;34(5):227-233.
2. Mastrangelo G, Fedeli U, Fadda E, Giovanazzi A, Scoizzato L, Saia B. Increased cancer risk among surgeons in an orthopaedic hospital. *Occup Med (Lond)* 2005;55(6):498-5003. Frazier TH, Richardson JB, Fabr  VC, Callen JP. Fluoroscopy-induced chronic radiation skin injury: a disease perhaps often overlooked. *Arch Dermatol* 2007;143(5):637-640.
3. Frazier TH, Richardson JB, Fabr  VC, Callen JP. Fluoroscopy-induced chronic radiation skin injury: a disease perhaps often overlooked. *Arch Dermatol* 2007;143(5):637-640.

4. 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(4):632-638.
5. Cogan DG, Martin SF, Kimura SJ. Atom bomb cataracts. *Science* 1949;110(2868):654.
6. Chou LB, Chandran S, Harris AH, Tung J, Butler LM. Increased breast cancer prevalence among female orthopedic surgeons. *J Womens Health (Larchmt)* 2012;21(6):683-689.
7. Henry AK. *Extensile exposure*, 2nd ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1970:100.
8. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60: 1990. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* 1991;2:1-3.
9. Hafez MA, Smith RM, Matthews SJ, Kalap G, Sherman KP. Radiation exposure to the hands of orthopaedic surgeons: are we underestimating the risk? *Arch Orthop Trauma Surg* 2005;125(5):330-335.
10. Bekanntmachung der Neufassung der Röntgenverordnung vom 2003. *Bundesgesetzblatt* 2003;1:604-635.
11. Vañó E, González L, Guibelalde E, Fernández JM, Ten JJ. Radiation exposure to medical staff in interventional and cardiac radiology. *Br J Radiol* 1998;71(849):954-960.
12. Faulkner K, Harrison RM. Estimation of effective dose equivalent to staff in diagnostic radiology. *Phys Med Biol* 1988;33(1):83-91.
13. Niklason LT, Marx MV, Chan HP. Interventional radiologists: occupational radiation doses and risks. *Radiology* 1993;187(3):729-733.
14. Rampersaud YR, Foley KT, Shen AC, Williams S, Solomito M. Radiation exposure to the spine surgeon during fluoroscopically assisted pedicle screw insertion. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000;25(20):2637-2645.
15. Mechlenburg I, Daugaard H, Soballe K. Radiation exposure to the orthopaedic surgeon during periacetabular osteotomy. *Int Orthop* 2009;33:1747-1751.
16. 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;30:1893-1898.
17. Singer G. Radiation exposure to the hands from mini C-arm fluoroscopy. *J Hand Surg Am* 2005; 30:795-917.
18. Thomson CJ, La Londe DH. Measurement of radiation exposure over a one-year period from Fluoroscan mini C-arm imaging unit. *Plast Reconstr Surg* 2007;119:1147-1148.