

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA

En radiología intervencionista, los largos tiempos de fluoroscopia y el elevado número de imágenes radiográficas adquiridos implican dosis de radiación más altas a los pacientes y al personal que en la radiografía general o la fluoroscopia convencional. Durante los últimos años se está observando una creciente preocupación sobre los valores de estos niveles de dosis, así como por el desarrollo de métodos para su control y minimización.

En este trabajo se describen los métodos para reducir las dosis que reciben tanto los pacientes como el personal que está a pie de tubo durante las intervenciones.

INTRODUCCIÓN

En radiología intervencionista, los largos tiempos de fluoroscopia y el elevado número de imágenes radiográficas que se adquieren durante los procedimientos implican dosis de radiación más altas a los pacientes y al personal que en la radiografía general o la fluoroscopia convencional. Se han descrito casos de pacientes que han sufrido efectos deterministas, como quemaduras por radiación y úlceras. En los últimos años se ha observado una creciente preocupación sobre los valores de niveles de dosis a pacientes y personal de operación, así como por el desarrollo de métodos para su control y minimización.

PROTECCIÓN DEL PACIENTE

En la radiología intervencionista, debe tomarse en consideración la posibilidad de aparición de efectos tisulares y estocásticos, tanto sobre los pacientes como sobre el personal de operación. Es importante verificar que las dosis de radiación recibidas por los pacientes estén por debajo del umbral de aparición de los efectos deterministas (eritema en piel: 1-24 horas después de la irradiación de aproximadamente 3-5 Gy; depilación; con 5 Gy es reversible, con 20 Gy es irreversible; opacidad detectable en ojo: 0,5-2 Gy; cataratas: 5 Gy). Entre las medidas que pueden tomarse para la reducción de dosis podemos destacar las siguientes:

- El espectro de rayos X emitido por el tubo puede modificarse para reducir las dosis a los pacientes.

Si aumentamos la energía media de los fotones se reduce la atenuación de los mismos en el interior del paciente; de modo que a igualdad de dosis en el receptor de la imagen, la dosis al paciente se reduce. Este aumento de la energía media de los fotones del haz de rayos X puede lograrse incrementando la tensión del tubo o aumentando de la filtración del tubo.

- La colimación es el mejor medio para reducir las dosis al paciente y al personal de operación, produciendo a la vez una mejora en la calidad de imagen. La disminución del área del campo de radiación reduce drásticamente las dosis equivalentes en órganos que quedan cerca del borde del haz primario. También se reduce la cantidad de radiación dispersa que es una de las causas principales de pérdida de contraste en la imagen.
- El uso de rejilla (para reducir la radiación dispersa) implica un aumento en la dosis de radiación al paciente. Por lo tanto, siempre que sea posible, la rejilla debería poder quitarse durante los procedimientos de radiología intervencionista. La mayoría de los fabricantes diseñan sus equipos de modo que es factible quitar la rejilla cuando se desee.
- El uso de materiales de fibra de carbono entre el paciente y el receptor de la imagen, que combinan baja atenuación y alta resistencia, minimiza la atenuación producida por estos materiales y da lugar a una reducción de las dosis a los pacientes.

PEDRO RUIZ MANZANO

Especialista en Radiofísica
Hospitalaria. Servicio de Física y
protección Radiológica
HCU LOZANO BLESA

M^a ÁNGELES RIVAS BALLARÍN

Especialista en Radiofísica
Hospitalaria. Servicio de Física y
protección Radiológica
HCU LOZANO BLESA

RADIATION PROTECTION IN INTERVENTIONAL RADIOLOGY

In interventional radiology, long fluoroscopy times and the higher number of radiographic images acquired involve higher radiation doses to patients and staff than in general radiography or conventional fluoroscopy. During recent years, there has been a growing concern about the values of these dose levels, as well as the development of methods for their control and minimization.

This paper describes the methods to reduce the doses received by both patients and staff standing at the tube during interventions.

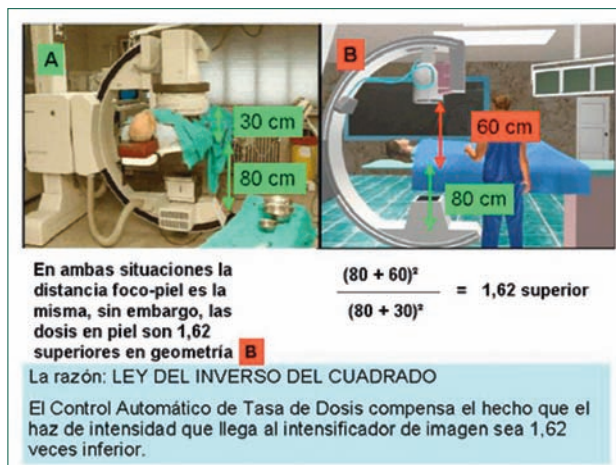


Figura 1. Influencia distancia al intensificador.

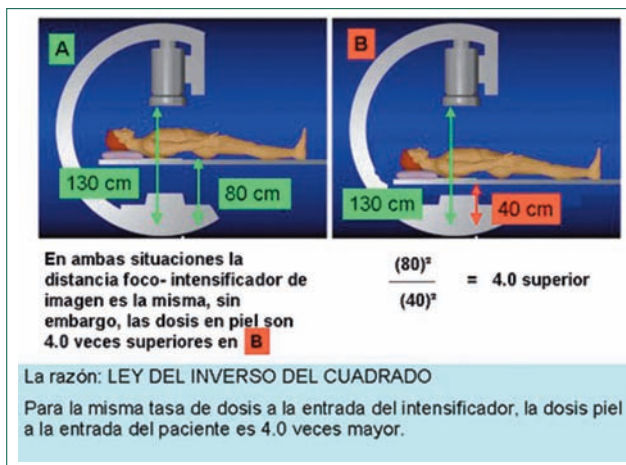


Figura 2. Influencia distancia foco-piel.

- El uso de inserciones de alta ganancia de conversión en los intensificadores de imagen, de sistemas automáticos de control de intensidad para regular la tasa de dosis, las cuñas e iris automáticos, el almacenamiento digital, la sustitución de los intensificadores de imagen por paneles planos dinámicos y los algoritmos de procesamiento de imagen y de fluoroscopia pulsada asociada al proceso de adquisición de la imagen reducirán las dosis a los pacientes durante procedimientos intervencionistas que impliquen fluoroscopia.
- La imagen digital tiene un considerable potencial para la reducción de dosis al paciente en radiología intervencionista. La imagen puede adquirirse y visualizarse con un amplio rango de niveles de dosis de modo que la dosis al paciente y la calidad de imagen son variables que puede ajustar el usuario. El especialista puede optar por adquirir las imágenes en modo de baja dosis, sabiendo que éstas tendrán un alto nivel de ruido cuántico. Podrá aumentar las dosis de radiación para reducir el ruido cuántico. Existe un punto en que los aumentos en la dosis no da lugar a imágenes de menor ruido ya que predominan las fuentes de ruido electrónico.
- El cambio de la proyección, el acercamiento del intensificador al paciente y el aumento de la distancia foco-piel del paciente (en gráfica, la distancia del foco al pa-

ciente nunca debe ser inferior a 45 cm. y en escopia, la distancia del foco al paciente nunca debe ser inferior a 30 cm.) son métodos excelentes para reducir las dosis a los pacientes. En la Figura 1 se observa cómo el hecho de aproximar el intensificador al paciente, manteniendo fija la distancia foco-paciente, supone una reducción de la dosis en un factor 1,62. En la Figura 2 se muestra el efecto de alejar al paciente del foco de RX manteniendo la distancia entre el foco y el intensificador, consiguiendo una reducción de la dosis del paciente en un factor 4. El motivo de estas reducciones es que la tasa de dosis en un punto depende del inverso del cuadrado de la distancia entre el punto y el foco emisor. Puesto que la tasa de entrada al intensificador debe ser constante, cuanto más alejado se halle del foco mayor será la dosis impartida al paciente.

- El uso de tamaños de intensificador menores (lupas) implica un aumento de la dosis de entrada del paciente ya que el intensificador de imagen demanda mayores tasas de dosis para campos menores. A cambio tendremos imágenes con mayores resoluciones espaciales.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PERSONAL

El personal que opera los equipos de RX a pie de tubo debe protegerse de la radiación directa del haz de RX, de la dispersa producida por el paciente y de la de fuga a través del colimador.

En los procedimientos intervencionistas la cantidad de radiación dispersa es elevada debido a los largos tiempos de fluoroscopia y la gran cantidad de imágenes obtenidas. Esto da lugar a las altas dosis ocupacionales de la radiología intervencionista. Los especialistas y el personal que deba permanecer dentro de la sala deben llevar uno o más dosímetros. Un dosímetro, a la altura del pecho debajo del delantal plomado, se utiliza para estimar la dosis efectiva. También puede suministrarse dosímetros adicionales para evaluar la dosis equivalente en órganos críticos como el cristalino o manos (Figura 3).

Para lograr que las dosis sean lo más bajas posible y siempre inferiores a los límites, la protección radiológica se plantea en los siguientes niveles:



Figura 3. Personal con dosímetros.

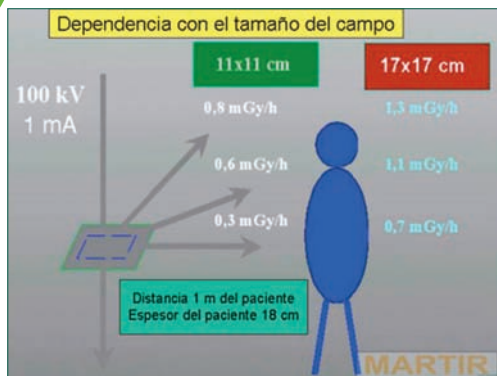


Figura 4. Influencia del tamaño de campo.



Figura 5. Blindaje estructural en paredes.

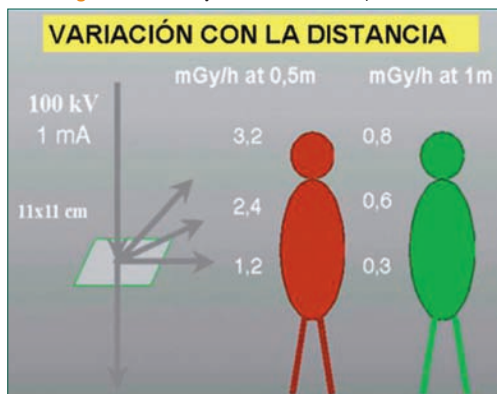


Figura 6. Influencia de la distancia.

Diseño y fabricación del equipo de rayos X

Debe comprobarse que las características del equipo responden a la normativa de la publicación nº 33 de la ICRP [1]:

- La radiación de fuga a través de la coraza del tubo de rayos X debe ser inferior a 1 mGy/h a 1 m del foco, cuando el tubo trabaja a la máxima potencia.
- En escopia, la radiación se iniciará y terminará al apretar o levantar el pie/dedo del interruptor correspondiente. Existirá un avisador acústico y un interruptor que corte la radiación en un máximo de diez minutos. Existirán dispositivos de control de kV y mA.



Figura 7. Mampara móvil y faldilla plomada.



Figura 8. Delantal plomado.

– En grafía, el rearme del temporizador no debe ser posible hasta que no se levante el dedo del pulsador, para evitar repetición de radiografías (salvo en casos de técnicas especiales: series rápidas, cine ...). Existirán dispositivos de control de kV, mA y tiempo (mAs).

– La filtración total de tubo debe ser equivalente a 2,5 mm de aluminio como mínimo. Eliminando del haz, por la filtración, los fotones "blandos" de menor penetración (que son absorbidos en las primeras capas del paciente y que no contribuyen a la formación de la imagen ya que tienen una alta probabilidad de sufrir efecto fotoeléctrico) se puede ahorrar hasta un 80% de la dosis en piel.

– Existirán dispositivos de colimación del haz, para limitar el campo a la zona de interés clínico. Si el haz está más abierto de lo necesario, aparecerán los siguientes efectos perjudiciales:

- Mayor volumen del paciente irradiado, mayor número de fotones totales y mayor dosis efectiva al paciente (sobre todo si el borde del haz está cerca de algún órgano crítico). También mayor radiación dispersa dentro y fuera del campo explorado del paciente.
- Mayor radiación dispersa en el ambiente que afectará al personal de la instalación (Figura 4).

- La radiación dispersa se superpondrá en la imagen con el haz directo dando lugar a una reducción del contraste radiográfico.

Diseño de la sala

Con el fin de reducir las dosis del personal y del público que ocupe las dependencias que circundan las salas, éstas dispondrán de un blindaje estructural en paredes, puertas, ventana de control, techo y suelo (generalmente de plomo, hormigón o vidrio plomado) (Figura 5). Las salas en las que se opera a pie de tubo pueden disponer de mamparas móviles (de vidrio plomado o de plomo) y/o cortinillas plomadas en su interior para proteger a quienes realizan la intervención.

Anualmente se realizan dosimetrías de área tras las barreras que rodean la sala, para verificar que las dosis en el exterior de las mismas se corresponden con la clasificación de zona asignada.

Sobre las puertas que dan acceso a la sala deben existir señalizaciones luminosas que indiquen si el equipo está o no en funcionamiento.

Protección radiológica operacional

Los principios básicos de protección radiológica operacional son:

- Distancia: mantenerse a la mayor distancia del foco de radiación compatible con el correcto desarrollo de la intervención (Figura 6). En este sentido, conviene alejarse del paciente (incluso salirse de la sala) al inyectar el contraste y/o al realizar grabaciones de imágenes.



Figura 9. Protector tiroideo.

Figura 10. Guantes plomados.



Figura 11. Gafas plomadas.

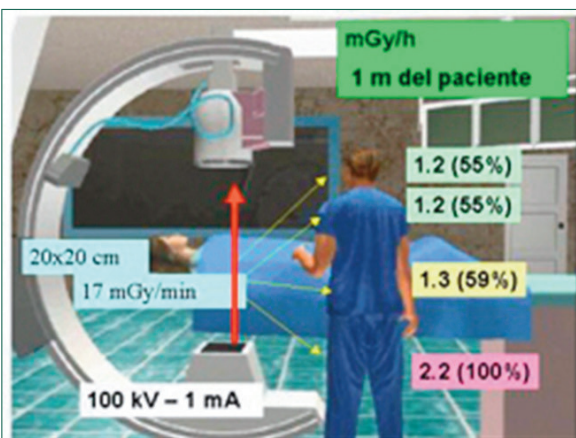


Figura 12. Influencia de las faldillas plomadas.

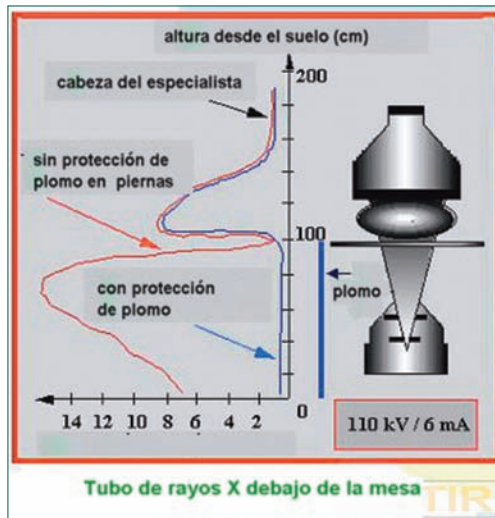


Figura 13. Influencia de la posición del tubo.

- Tiempo: reducir el tiempo de escopia a lo estrictamente necesario, uso de escopia pulsada.
 - Blindaje: utilizar los dispositivos de protección cuando hay que permanecer en el interior de la sala (mamparas móviles, faldillas plomadas, delantales plomados, protectores tiroideos, guantes quirúrgicos plomados, gafas plomadas, protectores gonadales para el paciente ...) (Figuras 7 a 11).
- Protegerse tras mampara móvil puede significar una reducción de dosis en cristalino en un factor 20 aproximadamente [2]. Parecido efecto producirán las faldillas plo-

mas colocadas entre la mesa y el radiólogo (Figura 12). El uso del delantal plomado puede reducir la dosis entre 10 y 15 veces. El uso del delantal es obligatorio para todo el personal que permanece en la sala durante la emisión de rayos X. También, en la publicación 57 de la ICRP [4] se recomienda el uso de delantales de 0,25 mm de plomo equivalente como mínimo para el personal que permanece en la sala durante la emisión de rayos X, excepto para quienes se hallan a menos de un metro del tubo, que deberán llevarlo de 0,35 mm como mínimo.

Los guantes plomados atenúan entre el 40 y el 60 % de la dosis en manos [5]. Por otra parte, deben conocerse bien todas las potencialidades del equipo, para que, al usarlas, pueda lograrse una reducción de dosis, tanto al paciente como al trabajador expuesto. Por ejemplo, si existe escopia pulsada, debe usarse siempre que sea posible, pues da lugar a una reducción de dosis en torno al 40 %. Asimismo, el uso de las lupas (tamaños de entrada a intensificador menores que el máximo) implica importantes aumentos en las dosis, lo que debe tenerse

en cuenta a la hora de utilizarlas. Si el tubo de rayos X se halla situado por debajo de la mesa la dosis recibida por el personal es inferior en un factor 2 a la que recibe cuando el tubo se halla encima del paciente [6] (Figura 13). Al lado del intensificador las tasas de dosis son siempre inferiores, por ello, cuando se usa el haz horizontal se recomienda que el personal se coloque al lado del intensificador. El uso de los colimadores para la reducción del campo al tamaño clínicamente significativo comporta también una sensible reducción de dosis.

Finalmente, los especialistas que realicen procedimientos intervencionistas requieren un segundo nivel de formación en protección radiológica según RD 1976/1999 que establece los criterios de calidad en radiodiagnóstico. En ese sentido, el grupo de Física Médica de la Universidad Complutense de Madrid ha desarrollado un curso interactivo en CD-ROM orientado a la formación continuada en el ámbito de la

protección radiológica en radiología intervencionista [6].

NOTAS

1. En este trabajo se expone parte del Capítulo 3: *Protección Radiológica y legislación* de los mismos autores del libro *Radiología clínica para estudiantes*. ISBN: 978-84-943410-0-7. Editorial: Watson CME, SL. 2014.
2. Las figuras de 1 a 4, 6 a 11 y 13 han sido tomadas de *Protección*

Radiológica 119. Multimedia and audiovisual radiation protection training in interventional radiology - MARTIR y publicadas con autorización en la versión inicial del libro anterior cuyo título fue *Radiología para Estudiantes*. ISBN: 84-96081-15-X. Editorial Aqua. 2004.

3. https://www.youtube.com/watch?v=__gO-DTnw-8&list=PLK-tYyYOWzy-MtJwHSAHsjczqooF-VM8rMb&index=20 ■

- [1]. ICRP Publicación nº 33. "Protection against Ionising Radiation from External Sources used in Medicine". 1981.
- [2]. Pratt and Shaw. "Factors affecting the radiation dose to the lens of the eye during cardiac catheterism procedures". *British Journal of Radiology*, 66. 1993.
- [3]. R.D. 1891/1991 de 30 de diciembre sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. BOE nº 3 de 3 de enero de 1992.
- [4]. ICRP Publicación nº 57. "Radiological Protection of the Worker in Medicine and Dentistry". 1989.
- [5]. A. Hernandez y col. "Atenuación de guantes usados en radiodiagnóstico". 5º Congreso de Protección Radiológica. Santiago de Compostela. 1994.
- [6]. *Protección Radiológica 119. Multimedia and audiovisual radiation protection training in interventional radiology*. MARTIR. martir@med.ucm.es.

REFERENCIAS