

Protección radiológica: evitar radiaciones innecesarias

CARLOS MARÍN

Servicio de Radiología Pediátrica. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid. España.
cmarinr@gmail.com



Roger Ballabrera

Puntos clave

- La radioprotección tiene especial importancia en el paciente pediátrico. Hoy por hoy, hay datos suficientes que indican que los riesgos de cáncer radioinducido son significativamente mayores en los niños que en los adultos.
- Aunque todas las exploraciones con radiaciones ionizantes implican un riesgo, entre las exploraciones diagnósticas, la tomografía computarizada supone un riesgo cualitativamente superior. En la medida de lo posible, se deben realizar exploraciones sin radiación, como la ecografía y la resonancia magnética.
- Las medidas de protección radiológica comienzan por evitar exploraciones innecesarias. El papel del técnico y del radiólogo es fundamental aplicando protocolos técnicos específicos para la edad pediátrica en función del peso, la edad y la región que se va a explorar.
- Un Real Decreto (RD 815/2001) regula la justificación de las exploraciones radiológicas: sólo las puede solicitar un facultativo y debe cumplimentarse adecuadamente la solicitud, con datos clínicos que indiquen la prueba.

Los efectos de las radiaciones ionizantes se dividen en deterministas y probabilísticos (o estocásticos). Los primeros incluyen la radiodermitis, las lesiones en la placa de crecimiento o las cataratas, y se producen siempre que se sobrepase un umbral de dosis. Los efectos estocásticos son fundamentalmente la teratogénesis y las neoplasias radioinducidas. Estos efectos probabilísticos no tienen un umbral por debajo del cual no se produzcan, y con el aumento de la dosis se incrementa la probabilidad del efecto, pero no su gravedad. En la edad pediátrica preocupa especialmente la carcinogénesis debida a la radiación diagnóstica. Hay que tener en cuenta que las dosis y la probabilidad de sus efectos son acumulativas. Cabe, entonces, hacerse algunas preguntas: ¿cuánto radian las diversas exploraciones radiológicas? ¿Es significativo el aumento de riesgo de cáncer por realizar estas pruebas en niños? ¿Qué podemos hacer para disminuir este riesgo?

Epidemiología de la carcinogénesis por radiaciones ionizantes

El 6 de agosto de 1945 se lanzó la bomba de Hiroshima: fue la primera vez (y la penúltima hasta el momento) que se empleó armamento atómico contra seres humanos¹. Tres días después se repitió la operación en la ciudad de Nagasaki. Al final del primer año tras la explosión, se calcula que 140.000 personas murieron en Hiroshima. En Nagasaki, pese a que la bomba duplicaba en potencia a la primera, se contabilizaron 70.000 muertos al final del primer año; los destrozos en la ciudad fueron considerablemente menores. Esta diferencia en los efectos de ambas bombas se cree que se debe a la orografía de estas ciudades: la ciudad de Hiroshima se encuentra rodeada de montañas, que reflejaron la onda expansiva, lo que aumentó drásticamente su capacidad destructiva. La primera causa de muerte en estas explosiones fue el aplastamiento por la onda expansiva o *viento nuclear*; la segunda, las quemaduras radiotérmicas. En realidad, la radiación fue una causa poco frecuente de muerte: las personas que se encontraban en zonas expuestas a altas dosis de radiación tenían pocas probabilidades de sobrevivir a los efectos directos de la explosión. Así, se sabe que la mayoría de los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki fueron sometidos a dosis relativamente bajas de radiación. Con esta población de supervivientes se ha realizado el estudio epidemiológico sobre los efectos de las radiaciones ionizantes en el ser humano más importante de la historia: más de 100.000 personas estudiadas durante más de 60 años, comparadas con la población general de Japón, sufragado por los gobiernos de Estados Unidos y Japón, y con un coste superior a los 1.000 millones de dólares. En lo que respecta al radiodiagnóstico, la importancia de este estudio estriba en que los supervivientes de las bombas recibieron dosis relativamente bajas de radiación, en ocasiones comparables a pruebas radiológicas. Además, teniendo en cuenta que entre el 20 y el 25% de la población general tiene o tendrá un cáncer a lo largo de su vida, es necesario el estudio de una población muy numerosa para extraer conclusiones significativas sobre la carcinogénesis por radiación. A esto se suma el hecho de que el período de latencia de las neoplasias radioinducidas es largo, siguiendo una distribución de edad similar a la de esos mismos tumores

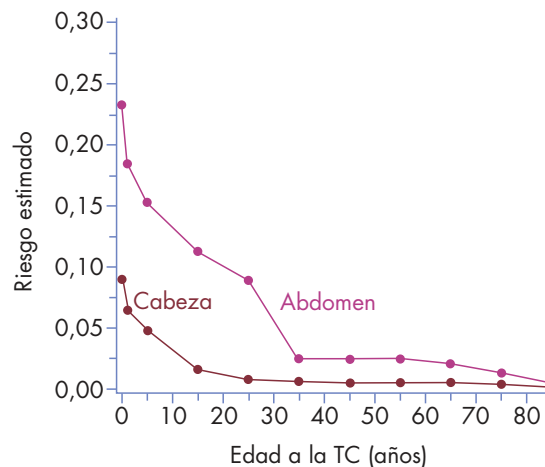


Figura 1. Curva de riesgo de carcinogénesis frente a la edad en la tomografía computarizada (TC) de cráneo y de abdomen. Los pacientes pediátricos (menores de 16 años) se encuentran a la izquierda de la curva, donde los valores de riesgo son superiores a los de los pacientes de edad avanzada. Con permiso de Brenner et al³.

en la población general, y el uso generalizado de la tomografía computarizada (TC) en pediatría tiene poco más de 20 años. Esto sin contar que un estudio epidemiológico durante 60 años de 100.000 personas a las que se ha realizado una TC parece impensable hoy día.

Periódicamente, se publican resultados de este estudio. En 1996, 51 años después de las explosiones, aparece un artículo sobre cáncer y mortalidad en los supervivientes², que debido al tiempo transcurrido con el correspondiente aumento en el número de episodios aporta datos más sólidos sobre los efectos de la radiación. En el año 2001, en un artículo de gran importancia para la radioprotección en pediatría, Brenner et al³, de la Universidad de Columbia, en Nueva York, aplican los resultados de los supervivientes de las explosiones para el estudio de la carcinogénesis por TC en los niños. Los resultados son impactantes (fig. 1), y hablan de una frecuencia de cáncer de 1/1.000 en niños que han sido sometidos a una TC de tórax o abdomen, y algo menor en los estudios de cráneo. Existe una relación clara entre la edad, el sexo del paciente y la zona radiada, y la carcinogénesis, y el riesgo es mayor cuanto más joven es el paciente, en niñas y en estudios de tórax o abdominopélvicos (esto es, estudios en que se radian órganos radiosensibles, como la mama, las gónadas, el tiroides, etc.). Estos datos aparecen de forma casi simultánea en una revista de información general⁴, originando una cierta alarma social (en Estados Unidos), con abundantes consultas a pediatras, cirujanos, radiólogos y al sistema sanitario en general. En noviembre de 2001, la Food and Drug Administration (FDA) emite una nota de salud pública (reconociendo implícitamente que la radiación diagnóstica en pediatría es un problema de salud pública) dirigida a directores de hospital, profesionales del radiodiagnóstico y expertos en riesgos (*risk managers*) de todo el país, haciendo las siguientes recomendaciones: eliminar las peticiones inadecuadas como principal fuente de radiación innecesaria, modificar los parámetros técnicos de las exploraciones a la edad pediátrica de manera sistemática y li-

mitar los estudios dinámicos o múltiples (es una nota especialmente dirigida al uso de la TC).

Posteriormente al artículo de Brenner et al³, se publica una gran cantidad de trabajos relacionados con la radioprotección en pediatría. Pero no sería justo decir que no existía esta preocupación en la radiología hasta ese momento: un ejemplo de obligada mención es el protocolo de TC de tórax de alta resolución con baja dosis diseñado por Lucaya et al⁵, del Hospital de la Vall d'Hebron, en Barcelona, publicado en el año 2000. Además, la radioprotección siempre ha sido de especial importancia en radiología pediátrica.

Papel de los profesionales en la radioprotección

Aunque todo lo dicho hasta este punto fue dirigido fundamentalmente al uso de la TC, estos criterios de mínima radiación posible (principio ALARA: *as low as reasonably achievable*) son aplicables a todas las técnicas con radiaciones ionizantes. Se puede afirmar que la totalidad de sociedades tanto de radiología como de pediatría coinciden en que, si es posible, en los niños se deben utilizar técnicas sin radiaciones ionizantes (ecografía, resonancia magnética) frente a técnicas con radiaciones. Pero, para que esto sea así, hay que implicar a varios actores implicados en el uso de la radiación con fines diagnósticos: los médicos peticionarios (pediatras, cirujanos pediátricos, traumatólogos, neurocirujanos, otorrinolaringólogos), los radiólogos, los técnicos de imagen médica, e incluso los gestores sanitarios. En primer lugar, hace falta información sobre las exploraciones radiológicas, su utilidad y la dosis de radiación a que se somete al paciente. El conocimiento de esta información es bastante pobre entre los médicos peticionarios⁶, pero también entre los radiólogos generales⁷. Una revisión de las diferentes unidades de medida de la radiación y los parámetros técnicos que influyen en la dosis no proceden en este artículo. Sin embargo, sí parece adecuado que los clínicos tengan una idea relativa sobre si una exploración radia "poco o mucho"⁸. Una tabla comparativa, utilizando como unidad relativa la radiografía simple de tórax, puede ser de utilidad con este fin (tabla 1). Así, se puede ver que un estudio convencional con contraste del abdomen (tránsito, enema, cistografía) equivale a entre 30 y 80 radiografías de tórax, una TC de cráneo equivale a unas 200 y una TC de tórax o de abdomen, a unas 500. Estos datos se refieren a una técnica estándar, para un adulto de talla media. Con los nuevos protocolos pediátricos que van apareciendo para las nuevas tecnologías (TC multicorte, etc.), las dosis se reducen de manera significativa⁹, y con la dosis, el riesgo de cáncer.

No obstante, con independencia de la dosis, o de si el riesgo de cáncer es de 1/1.000 o menor, lo verdaderamente importante es la forma de la curva de la figura 1. En pediatría, nuestros pacientes se encuentran en la parte izquierda de la curva que presenta un riesgo evidentemente mayor que en los adultos: aunque no parece que exista un riesgo significativo en repetir una TC de cráneo a un paciente octogenario, en una TC de tórax en un lactante no es en absoluto despreciable. Esta curva de riesgo se debe tener en cuenta siempre que se solicita una exploración con radiaciones ionizantes en un niño. Aunque está fuera de las intenciones de este artículo re-

visar pormenorizadamente todo el catálogo de exploraciones radiológicas, sí parece obligada la mención de algunas pruebas de uso frecuente y no siempre justificado. Por ejemplo, las peticiones de estudios baritados en lactantes con reflujo gastroesofágico, que aún no toman alimento sólido siguen siendo desgraciadamente habituales en algunos centros. También el uso de la radiografía de cráneo en el traumatismo craneoencefálico leve en mayores de 2 años se sigue realizando, pese a que lo desaconsejan sociedades científicas y la literatura médica¹⁰. Incluso la radiografía de tórax preoperatoria o los controles radiológicos en neumonías adquiridas en la comunidad con buena evolución clínica se siguen practicando con frecuencia en contra de las recomendaciones científicas y de organismos como la Organización Mundial de la Salud.

Herramientas informativas y legislación sobre exploraciones con radiaciones ionizantes

Existe una guía editada por la Unión Europea¹¹, la Guía de Protección Radiológica 118, que es una traducción de las guías del Colegio Británico de Radiología¹², para la solicitud de exploraciones radiológicas. En la Comunidad de Madrid se distribuyó gratuitamente a un gran número de médicos peticionarios. También existe legislación a este respecto: el Real Decreto 815/2001 es el Decreto acompañante de la legisla-

Tabla 1. Tabla comparativa de los valores absolutos (en miliSievert, mSv) y relativos (se toma como unidad la radiografía posteroanterior de tórax) de diversas exploraciones en radiología diagnóstica. Obsérvese el marcado cambio cuantitativo en las dosis de la tomografía computarizada (TC) frente a otras exploraciones

Exploración	Dosis equivalente (mSv)	Valor relativo (dosis efectiva)
Radiografía posteroanterior de tórax	0,05	1
Extremidad	0,01	0,2
Cráneo	0,2	4
Abdomen	0,55	11
Columna	1,3	26
CUMS	1,6	32
Enema	4	80
TC tórax	10-20	500
TC abdomen	10-20	500
TC cráneo	15-60	100-200*
TCAR bd	0,5	10

*La dosis efectiva de la TC de cráneo es menor que en el tórax o el abdomen, aunque la dosis absoluta (dosis equivalente o dosis piel) sea mayor, al interesar a órganos menos radiosensibles.

CUMS: cistouretrografía miccional seriada; TCAR bd: TC de alta resolución y baja dosis. Véase Lucaya et al⁵.

ción sobre Calidad y Protección Radiológica (RD 1976/1999) sobre justificación. Este Real Decreto, añade la *justificación* a otras medidas para la protección radiológica del paciente: no se trata sólo de realizar las pruebas adecuadamente desde el punto de vista técnico; hay que realizar sólo las pruebas justificadas clínicamente. La responsabilidad la comparten el médico peticionario y el especialista (ya sea en radiodiagnóstico o en medicina nuclear). El radiólogo tiene la *obligación*, y no el derecho, de rechazar las peticiones que no incluyan una justificación. Por supuesto, la petición de exploración radiológica (que incluye una doble vertiente de prescripción facultativa de exploración con radiaciones ionizantes y de parte interconsulta al especialista en radiodiagnóstico), sólo la puede realizar un facultativo, nunca una enfermera, auxiliar, etc. Por desgracia, esto no se cumple de forma generalizada: numerosas exploraciones se siguen realizando con peticiones en blanco, o solicitadas por personal no médico. Y esto, hay que recordarlo, es ilegal. Lo que se debe intentar en todos los centros es una comunicación entre médicos peticionarios y servicios de radiología para consensuar protocolos de actuación, intervalos en los controles necesarios, etc. Es papel del radiólogo divulgar esta información y transmitir a sus colegas (pediatras o de otras especialidades) conocimientos y preocupación en esta materia. Se han realizado intentos de tarjetas de control dosimétrico en los pacientes pediátricos con resultado desigual. En la Comunidad de Madrid se realizó el programa piloto TIERI (Tarjeta Infantil de Exposición a Radiaciones Ionizantes), que ha sido prácticamente abandonado. Aunque se ha avanzado espectacularmente en muchos aspectos, esto ha sucedido de forma irregular y parece evidente que queda mucho por hacer¹³.

Bibliografía



● Importante ●● Muy importante

■ Epidemiología

1. A-Bomb WWW Museum. A-Bomb WWW Project. Disponible en: <http://www.csi.ad.jp/ABOMB/>
2. Pierce DA, Shimizu Y, Preston DL, Vaeth M, Mabuchi K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, part 1. Cancer: 1950-1990. *Radiat Res.* 1996;146:1-27
3. ●● Brenner DJ, Elliston CD, Hall EJ, Berdon WE. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR.* 2001;176:289-96.
4. Steve Sternberg. CT scan in children linked to cancer later. *USA Today*, enero, 2001; 22, p. 1A.
5. Lucaya J, Piqueras J, García-Peña P, Enríquez G, García-Macías M, Sotil J. Low-dose high-resolution CT of the chest in children and young adults: dose, cooperation, artifact incidence, and image quality. *AJR.* 2000;175:985-92.
6. ● Thomas KE, Parnell-Parmley JE, Haidar S, Moineddin R, Charkot E, BenDavid G, et al. Assessment of radiation dose awareness among pediatricians. *Pediatr Radiol.* 2006;36:823-32.
7. Lee CI, Haims AH, Monico EP, Brink JA, Forman HP. Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. *Radiology.* 2004;231:393-8.
8. Curry TS, Dowdey JE, Murry RC. Christensen's physics of diagnostic radiology. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1990.
9. Siegel MJ. Multiplanar and three-dimensional multi-detector row CT of thoracic vessels and airways in the pediatric population. *Radiology.* 2003;229:641-50.
10. ● Schutzman SA, Barnes P, Duhaime AC, Greenes D, Homer C, Jaffe D, et al. Evaluation and management of children younger than two years old with apparently minor head trauma: proposed guidelines. *Pediatrics.* 2001;107:983-93.
11. Comisión Europea. Dirección General de Medio Ambiente. Protección Radiológica n.º 118. Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen. Oficina para las Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas; 2001.
12. Royal College of Radiologists. Making the best use of a department of clinical radiology: guidelines for doctors. 4th ed. London: Royal College of Radiologists; 1998.
13. Martín del Valle F, Pinto I, Centeno M, Fernández S, Vázquez M, Gallego C. ¿Hay control de las pruebas de imagen ionizantes en urgencias pediátricas? X Reunión Anual de la Sociedad Española de Urgencias de Pediatría. *An Pediatr.* 2006;65:177-94.