

Exposición a la radiación de la población pediátrica en radiodiagnóstico. Un estudio de Pamplona y su comarca

J. Esparza^a, S. Miquélez^b, A. González^a, A. Rubio^b, E. Manso^c, S. Sierro^c, J. Martínez de Estívariz^c y M.L. Martín^b

^aSección de Radiología Pediátrica. Hospital Virgen del Camino. Pamplona. España. ^bServicio de Radiofísica y Radioprotección. Servicio Navarro de Salud. Pamplona. España. ^cEquipo de soporte de Historia Clínica Informatizada del Servicio Navarro de Salud. Pamplona. España.

Objetivo. Describir un método de cálculo y registro de dosis de radiación que se utiliza en Pamplona y su comarca en estudios pediátricos, y exponer los resultados obtenidos de su implantación en un año.

Material y método. Se emplea un programa de cálculo de "dosis efectiva" que utiliza los ficheros para Pediatría de la NRPB (National Radiation Protection Board). Este programa, incorporado en el sistema de historia clínica informatizada, permite la creación de un historial dosimétrico individual de toda la población pediátrica. Las cifras de dosis efectiva se correlacionan con el riesgo de cáncer mortal radioinducido según las estimaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

Resultados y discusión. En un año se han practicado 22.667 exposiciones a los Rx en 9.681 niños. La dosis colectiva anual sobre la población infantil del área ha sido de 3,1 Sievert.persona, y la dosis media por habitante de 0,054 miliSievert. Para cada tipo de exploración se expone su número en un año, dosis efectiva media resultante y riesgo de cáncer mortal que conlleva. Las mayores dosis se obtienen en exploraciones de tomografía computarizada (TC), estudios gastroduodenales y telemetrías de columna completa. Se hace una descripción y consideraciones sobre el riesgo radiológico.

Conclusiones. Las modernas técnicas informáticas permiten la creación de historiales dosimétricos individuales, utilizando los más actuales sistemas de medida y registro.

Palabras clave: dosis de radiación, radiología, niños.

Radiation exposure in children undergoing diagnostic imaging: a study of Pamplona County

Objective. To describe a method of calculating and registering the dose of radiation used in Pamplona County in pediatric examinations, and to show the results obtained one year after its implementation.

Material and methods. The effective dose was calculated by a program that uses the pediatric files of the United Kingdom's National Radiation Protection Board. This program, incorporated into the Computerized Clinical History, enables an Individual Dosimetric History to be calculated for the entire pediatric population. The effective dose figures were correlated with the risk of radioinduced mortal cancer using the estimations of the International Commission on Radiological Protection.

Results and discussion. In one year, 9681 children received 22667 exposures to X-rays in Pamplona County. The annual collective dose on the population of children in the area was 3.1 sieverts, and the mean dose per inhabitant was 0.054 millisieverts. We report the number of each kind of examination for the year, together with the resulting mean effective dose and the risk of mortal cancer it involves. The largest doses were obtained from CT examinations, gastroduodenal studies, and telemetry of the entire spine. We describe and discuss the risk involved in radiological examinations.

Conclusions. Modern information technology techniques enable individual dosimetric histories to be created using the most modern systems of measurement and registration.

Key words: radiation dose, radiology, children.

Introducción

Las radiaciones ionizantes son uno de los carcinógenos mejor estudiados, suponiendo el radiodiagnóstico la mayor fuente de radiación no natural sobre la población. Un reciente estudio estima que el 0,6% de todos los cánceres del Reino Unido son in-

ducidos por la radiación diagnóstica, en Alemania el 1,5% y en Japón el 3%¹. El Departamento de Salud de Estados Unidos ha incluido recientemente los rayos X en la lista de carcinógenos humanos².

Los niños son especialmente radiosensibles, calculándose para ellos un riesgo entre 2 y 3 veces superior al de la población general, por lo que la justificación y optimización de los estudios radiológicos es especialmente necesaria en Pediatría. Es preciso conocer y controlar la dosis de radiación de las distintas exploraciones, máxime cuando el riesgo que conllevan algunas de ellas, como la tomografía computarizada (TC) es considerable³.

En Pamplona y su comarca se practica un control de la radiación diagnóstica en la edad pediátrica que utiliza como herramienta un programa informático de cálculo de dosis. Este programa, incluido en la historia clínica informatizada, permite la

Correspondencia:

JOAQUÍN ESPARZA ESTAÚN. Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Virgen del Camino. C/ Irunlarrea, 4. 31008 Pamplona. España. jesparze@cfnarra.es

Recibido: 9-X-06

Aceptado: 12-III-07

TABLA 1. Ponderación de los distintos órganos según su radiosensibilidad

	Coefficientes actuales (1)	Futuros coeficientes (2)
Ovarios/ testículos	0,2	0,05
Colon	0,12	0,12
Estómago	0,12	0,12
Médula ósea roja	0,12	0,12
Pulmón	0,12	0,12
Vejiga	0,05	0,05
Mama	0,05	0,12
Hígado	0,05	0,05
Esófago	0,05	0,05
Tiroides	0,05	0,05
Hueso	0,01	0,01
Piel	0,01	0,01
Glándulas salivares		0,01
Riñones		0,01
Cerebro		0,01
Resto	0,05	0,1
SUMA	1	1

(1): Coeficientes establecidos en la *International Commission Radiological Protection* 60 (ICRP 60); (2): coeficientes de las próximas recomendaciones de la ICRP (ICRP 2005). Aparecen resaltados en negrita los valores que cambian.

creación de un historial dosimétrico individual de todos los niños del área.

El objetivo de este artículo es describir este sistema de medida, registro y control dosimétrico, y describir los resultados de su implantación durante un año. También pretende divulgar las dosis de radiación de los estudios radiológicos pediátricos habituales y el riesgo que conllevan.

Material y método

La Sección de Radiología Pediátrica del Hospital Virgen del Camino es de referencia para los habitantes de Pamplona y una amplia zona circundante, incluyendo 58.587 niños menores de 15 años de un total de 427.118 personas. La atención radiológica de esta población infantil se realiza en nuestro hospital y en tres centros de consultas o ambulatorios. En un año se han realizado dosimetrías de todas las exploraciones radiológicas pediátricas a excepción de las radiografías de extremidades, para las que el riesgo se considera prácticamente nulo.

La magnitud dosimétrica empleada es la "dosis efectiva", por ser la utilizada para el cálculo de riesgos. Se obtiene practicando un sumatorio de la dosis absorbida por cada órgano, multiplicada por un factor de ponderación específico del órgano que es proporcional a su radiosensibilidad (tabla 1). La dosis efectiva permite sumar dosis de radiación proyectadas sobre distintas partes del cuerpo y producidas con distintas técnicas diagnósticas. Como unidad de dosis de Radiodiagnóstico se utiliza el miliSievert (mSv).

Las dosimetrías son practicadas por el técnico especialista en Radiodiagnóstico (TER) responsable de la exploración. Para el cálculo se emplea un programa informático adaptado en el Ser-

vicio Navarro de Salud, que utiliza los datos de los ficheros para pediatría de la NRPB (*National Radiation Protection Board*)⁴. Estos ficheros generados por "técnicas de Montecarlo" están divididos en 5 edades de referencia: recién nacido, 1, 5, 10 y 15 años; para el resto de las edades se aplica una interpolación entre los datos de las dos más próximas. Para el cálculo de la dosis efectiva se precisa conocer los siguientes datos: edad del niño, región anatómica irradiada, incidencia del haz, cifra de kilovoltios, cifra de miliamperios por segundo (mAs) o producto dosis.área y equipo donde se realiza la exploración. Es necesario conocer el equipo de rayos X empleado, ya que este dato va unido a su rendimiento. El programa incluye 21 equipos existentes en los 4 centros, realizándose de todos ellos un control anual.

El cálculo se realiza a partir de distintos parámetros según el tipo de exploración:

1. En radiología simple a partir de los kilovoltios y mAs. En varios equipos que disponen de medidor del producto dosis.área se utiliza este dato, ya que el cálculo es más exacto. El producto dosis.área tiene en cuenta la superficie del campo irradiado, y por lo tanto el diafragmado, mientras que cuando se utiliza la cifra de mAs el programa aplica un campo estándar según la proyección y la edad.

2. En exploraciones que utilizan radioscopia, con o sin radiografías, se utiliza el producto dosis.área recogido al final de la exploración.

3. Para los estudios de TC se han elaborado unas tablas de dosis calculadas para los distintos protocolos de exploración, establecidos según el tipo de estudio, el peso y la edad. Para el cálculo de estas tablas se ha utilizado un programa informático —versión 0,99u de CT dosimetry, desarrollado por el grupo ImPACT— y los factores de dosis efectiva normalizada para cada grupo de edad, relativo a las dosis de adultos, calculados por Khursheed et al⁵. Eventualmente se practican correcciones sobre el valor estándar, según el número de cortes.

La dosis efectiva calculada se incorpora a un historial dosimétrico individual, existente en la historia clínica informatizada del niño, y se suma a la de exploraciones anteriores, de tal manera que siempre está disponible una *dosis efectiva individual acumulada*.

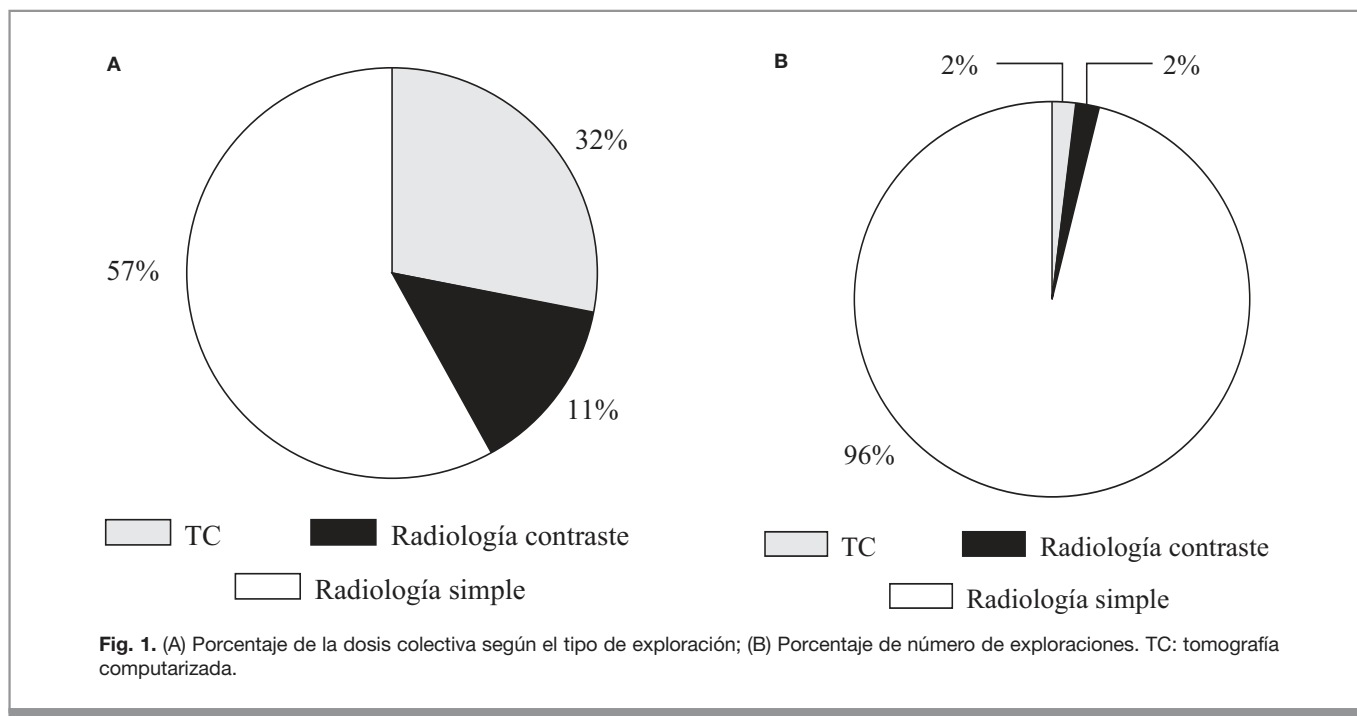
Las dosimetrías practicadas son controladas al día siguiente por un radiólogo pediátrico y eventualmente modificadas.

Cálculos de riesgo

El programa informático está implementado con una referencia al riesgo de la dosis efectiva individual acumulada. La magnitud empleada es el *riesgo de cáncer mortal*, para lo que se emplean las cifras recomendadas por la ICRP (*International Commission Radiological Protection*) en su publicación 60⁶, para dosis bajas y bajas tasas de dosis. Este organismo asume una relación dosis/efecto de carácter lineal y sin umbral, con una reducción del riesgo a la mitad para dosis bajas (menores de 200 mSv), siendo de esta cuantía las dosis empleadas en Radiodiagnóstico.

El riesgo de cáncer mortal para la población general se establece en un 5%/Sv, que varía según el sexo y sobre todo la edad. Para edades menores de 15 años el riesgo de cáncer mortal promediado para ambos sexos se establece aproximadamente entre el 9 y el 14%/Sievert (Sv). En este estudio aplicamos un riesgo uniforme para todas las edades pediátricas y, dado que la edad media de nuestros pacientes es de 5 años, utilizamos una cifra de 12,4%/Sv.

La *dosis efectiva colectiva* es la magnitud empleada para evaluar los efectos de la radiación en el conjunto de la población expues-



ta. Es el resultado de multiplicar la dosis media del grupo por el número de componentes, siendo la unidad el Sievert.persona.

Resultados

En un año se han contabilizado un total de 22.667 exposiciones diagnósticas a 9.681 niños. Excluyendo las radiografías de extremidades, que no se contabilizan en este estudio, y promediando con toda la población infantil de área, en un año han sido explorados con rayos X el 16,5%, con una media de 2,3 exposiciones por niño.

En un año 16 niños han recibido dosis superiores a 10 mSv, 877 niños entre 1 y 10 mSv, y el resto dosis inferiores a 1 mSv. La máxima dosis individual acumulada ha sido de 42,5 mSv.

La dosis efectiva media aplicada a la población pediátrica del área ha sido de 0,054 mSv. La dosis efectiva colectiva para la población pediátrica ha sido de 3,1 Sv.persona.

La contribución a la dosis colectiva de la radiología simple, los estudios de contraste y la TC se refleja en la figura 1.

La tabla 2 recoge para cada tipo de exposición diagnóstica el número de veces practicada en un año, la dosis efectiva media, la desviación estándar y el riesgo de cáncer mortal que conlleva. En los estudios de contraste se refleja también el tiempo medio de radioscopia.

La figura 2 muestra cómo varía la dosis efectiva media según la edad en algunas exploraciones representativas.

Discusión

Nuestro hospital y ambulatorios practican, de forma exclusiva en la red pública, la radiología pediátrica de la población a la que ofrecen cobertura. En nuestro medio la medicina privada es poco representativa, por lo que es lógico suponer que los datos

aquí expuestos sean muy cercanos al total de la radiación diagnóstica. Probablemente sean las consultas de Odontología el grueso de la radiación no medida, pero se puede aventurar que no suponen una cantidad importante, ya que la dosis efectiva de las ortopantomografías es baja, alrededor de 0,01 mSv⁷. Tampoco se han incluido las dosis recibidas en estudios de Medicina Nuclear y Radiología Intervencionista, pero en Pediatría son exploraciones poco frecuentes.

En Radiodiagnóstico general y pediátrico las referencias dosimétricas más utilizadas son las publicadas por el NRPB⁸. Este organismo establece dosis de referencia para cada tipo de exploración y umbrales máximos en valores de dosis absorbida en la superficie de entrada y en producto dosis.área, pero no ofrece valores de dosis efectiva. Los controles anuales del Servicio Navarro de Salud aportan cifras inferiores a estos niveles de referencia para todas las exploraciones, lo que valida nuestra muestra. Las publicaciones en Radiología pediátrica sobre dosimetría, y en concreto de dosis efectiva son escasas, siendo de todas formas nuestras cifras similares o inferiores a otras publicadas⁹.

El conjunto de nuestro hospital y ambulatorios cuenta con todos los medios habituales de diagnóstico por imagen, por lo que los datos de este estudio pueden ser bastante representativos de las dosis de radiodiagnóstico infantil en nuestro país. Pueden ser excepción las bajas dosis de los estudios contrastados que se explican por el protocolo de realización: rara vez practicamos radiografías y las imágenes son obtenidas por capturas de radioscopia en equipos digitales, procurando además que los tiempos de radioscopia sean cortos (tabla 1). Por el contrario, cabe apuntar que nuestros telemandos utilizan radioscopia continua, mientras que los modernos equipos de radioscopia pulsada disminuyen notablemente las dosis. Brown et al consideran razonable obtener con fluoroscopia pulsada dosis por debajo del 10% de las obtenidas con fluoroscopia continua¹⁰.

El cálculo de la dosis efectiva, al utilizar datos de dosis en órganos, precisa el uso de programas informáticos como el que nosotros utilizamos, que manejan datos obtenidos por simula-

TABLA 2. Valores en un año para cada tipo de exposición: número, dosis efectiva media, desviación estándar, riesgo y tiempo de radioscopia

	Número	Dosis efectiva media	Desviación estándar	Cánceres mortales por millón de exploraciones	Tiempo de radioscopia en minutos
Radiología simple					
Tórax AP-PA	8.781	0,02	0,03	2,5	
Tórax L	5.670	0,02	0,01	2,5	
Abdomen AP	1.075	0,10	0,09	12,4	
Columna lumbar AP	346	0,16	0,18	19,8	
Columna lumbar L	367	0,13	0,13	16,1	
Caderas AP	1.166	0,07	0,05	8,7	
Cráneo AP-PA (1)	1.131	0,02	0,02	2,5	
Cráneo L	709	0,01	0,02	1,2	
Columna cervical AP	203	0,03	0,03	3,7	
Columna cervical L (2)	932	0,01	0,01	1,2	
Telem. columna AP	676	0,97	0,35	120,2	
Telem. columna L	395	0,76	0,24	94,2	
Telem. extremidades inferiores	107	0,40	0,20	49,6	
Estudios de contraste					
Gastroduodenal	163	1,2	1,18	148,8	1,24
Cistouretrografía	265	0,33	0,35	40,9	0,35
Urografía	7	1,44	1,30	178,5	1,06
Enema opaco	36	2,28	2,1	260,4	1,70
Tomografía computarizada					
Cráneo	329	2,43	0,49	301,3	
Senos paranasales	15	0,35	0,10	43,4	
Oídos	37	0,22	0,04	27,3	
Tórax	56	3,22	0,67	399,2	
Abdomino-pélvica	30	3,9	2	483,6	
Columna lumbar	10	2,14	1,02	265,8	

(1): Incluye radiografías de senos paranasales; (2) incluye radiografías de cavum. AP: Anteroposterior; L: lateral; PA: posteroanterior.

ción de Montecarlo en maniqués. En la práctica diaria posiblemente los mayores errores dosimétricos se den en niños cuya antropometría se aleje sustancialmente de la estándar para su edad. Es también una deficiencia de este sistema de medida que no considera el diafragmado individual del campo de radiación, ya que utiliza campos estándar para cada proyección. Esta deficiencia se subsana cuando, para el cálculo, se sustituye el dato de los miliamperios.segundo por el producto dosis.área; aunque los modernos equipos incorporan medidores de este parámetro, los antiguos no lo tienen.

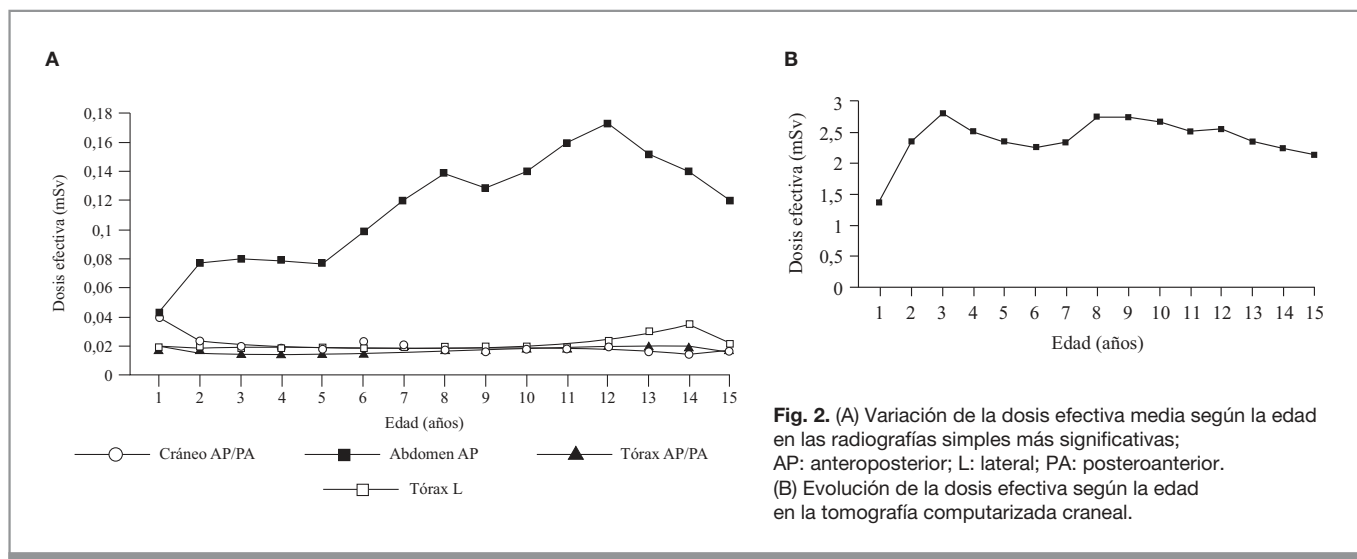
Consideramos aceptables las cifras obtenidas de dosis efectiva colectiva sobre la población infantil (3,1 Sv) y la dosis efectiva promedio (0,054 mSv). A falta de referencias bibliográficas sobre estos parámetros en Pediatría hay que considerar que la UNSCEAR (Comité de las Naciones Unidas para el estudio de los efectos de la radiación atómica) calcula para países desarrollados una media de radiación diagnóstica por habitante y año de 1 mSv¹¹, siendo la media de radiación natural en el planeta de 2,4 mSv/año. De todas formas la población aquí estudiada es pediátrica, y a buen seguro mucho menos radiada que la población adulta.

La implantación de este plan de dosimetría ha sido fácil por la colaboración del personal TER. Las dosimetrías se practican en casi la totalidad de los estudios pediátricos, y pocas veces es necesario corregir el cálculo.

Entre el personal de radiodiagnóstico, tanto técnico como médico, el conocimiento inmediato de las dosis ha conllevado cambios en las técnicas diarias de trabajo, se ha disminuido el tiempo de radioscopia, se han modificado las cifras de kilovoltios y miliamperios.segundo de algunas proyecciones y en otras se ha cambiado el sentido de incidencia del haz de rayos X.

El conocimiento de los médicos peticionarios de las dosis de los estudios que solicitan es, en general, bajo. Las encuestas constatan que se infravaloran tanto las dosis como el riesgo^{12,13}. La implantación del sistema de control dosimétrico ha promovido el conocimiento de estos temas y el cambio de algunos protocolos, en concreto han disminuido las peticiones de estudios contrastados y TC.

Las dosis de la TC pediátrica son motivo de preocupación. En nuestro hospital suponen sólo el 2% de las exposiciones, pero aportan el 32% de la dosis colectiva (fig. 1). Nuestros protoco-



los emplean dosis ajustadas a la edad y el peso, y aun así el riesgo es considerable, aproximadamente un cáncer mortal cada 2.000 TC abdominales o cada 3.000 TC de cráneo. Además en el caso de la TC de cráneo, un reciente y polémico estudio relaciona dosis de radiación similares a las de una TC recibidas antes de los 18 meses de vida, con retraso intelectual¹⁴.

Consideramos importante destacar las altas dosis de las telemedias de columna completa, máxime cuando niños con escoliosis acumulan varias de ellas a lo largo de la vida, y existe un estudio que relaciona su práctica con aumento de incidencia de cáncer de mama¹⁵. Los cálculos dosimétricos de estas proyecciones en otros estudios son coincidentes con nuestras dosis¹⁶. Un conocimiento de la dosis y el riesgo por parte del médico petionario probablemente reduzca notablemente su número; en nuestro medio así ha ocurrido.

También es digno de considerar que las radiografías simples de tórax son el estudio más repetido (63,7% de las exposiciones), siendo su riesgo y dosis muy bajos. Una radiografía anteroposterior (AP) o posteroanterior (PA) equivale a 2-3 días de radiación natural.

La evolución de la dosis efectiva según la edad es distinta según el tipo de proyección (fig. 2). Se mantiene muy constante en las radiografías de cráneo y en las de tórax AP-PA. Las dosis de las radiografías laterales de tórax son similares a las AP-PA hasta los 10 años, adoptando luego el patrón del adulto en el que la dosis de una proyección lateral es el doble. Las dosis de las radiografías de abdomen son en general mayores conforme aumenta la edad. La razón de todos estos cambios está en la distinta antropometría de las fases del desarrollo infantil.

En el caso de la TC sólo hemos podido estudiar la evolución de la dosis según la edad en los estudios de cráneo, de los que disponemos de un número significativo de dosimetrías. Las dosis son muy constantes en todas las edades, a excepción del primer año de vida, en el que son inferiores debido a la escasa osificación de la calota.

La cuantificación del riesgo radiológico es un tema controvertido. En este artículo utilizamos las cifras recomendadas por la ICRP que son coincidentes, en líneas generales, con la de otros organismos internacionales de radioprotección (UNSCEAR, NRPB, BEIR). Estos organismos trasladan proporcionalmente a dosis bajas los efectos constatados en las exposiciones a dosis al-

tas y medias, siguiendo una teoría "lineal y sin umbral", según la cual el riesgo es proporcional a la dosis y no existe dosis inocua^{10,17,18}. Hay que precisar que esta teoría no es la única, y que se defienden básicamente 4 alternativas:

1. El riesgo a dosis bajas es proporcionalmente mayor.
2. El riesgo a dosis bajas es proporcionalmente menor.
3. El riesgo es proporcional pero existe un umbral por debajo del cual la radiación es segura.
4. Dosis muy bajas de radiación mantenidas son beneficiosas en virtud de una respuesta adaptativa por parte del organismo.

En cualquier caso, la teoría "lineal y sin umbral" es la más aceptada, y es la que condiciona la política actual de radioprotección.

La magnitud de riesgo que empleamos —riesgo de cáncer mortal— es la más utilizada por ser la más comprensible, e implica un aumento de riesgo a lo largo de toda la vida. Es preciso sin embargo considerar que los efectos secundarios de la radiación son más amplios, hay que añadir el riesgo total de cáncer, que se considera el doble, y los efectos hereditarios graves. Los organismos internacionales de radioprotección suman y ponderan todos estos efectos y emplean el concepto de "detrimento". Por ejemplo la ICRP calcula para la población general un riesgo de cáncer mortal radioinducido de 5%/Sv y un detrimento de 7,3%/Sv. En el rango de edad pediátrico estos valores se sitúan entre aproximadamente el doble a los 15 años y el triple en los recién nacidos⁶. Hay que remarcar que estas estimaciones de riesgo, si bien son ampliamente secundadas, están sujetas a incertidumbre y no se aconseja su uso para calcular riesgos individuales o en estudios epidemiológicos.

La incertidumbre del riesgo radiológico y su gran repercusión sobre muchas actividades, fundamentalmente médicas e industriales, incentiva su estudio siendo constantes las evidencias nuevas. En fechas próximas la ICRP publicará nuevas recomendaciones de valoración del riesgo, cuyos borradores están disponibles para su consulta en la red¹⁹. Estos borradores mantienen los conceptos generales, pero presentan algunas modificaciones, cambian los factores de ponderación de algunos órganos, disminuyendo por ejemplo el de los genitales y aumentando el del tejido mamario (tabla 1). Cuando estos cambios sean oficiales las cifras de riesgo de cáncer mortal y detrimento para la población general disminuirán ligeramente, a 4,4 y 6,5% respectivamente.

Como conclusión consideramos que el registro informatizado de la radiación ionizante posibilita la creación de historiales dosimétricos aplicando, en la práctica diaria, los métodos más actuales de medida. Es probable que en un futuro próximo la creciente sensibilidad hacia estos temas entre los médicos y la población en general, se traduzca en demanda y exigencia de control personal de las dosis recibidas en procedimientos diagnósticos.

Bibliografía

- Berrington de González A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and other 14 countries. *The Lancet*. 2004;31:354-51.
- Report on Carcinogens, Eleven Edition (2004); U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Toxicology Program. <http://ntp-server.niehs.nih.gov/ntp/roc/toc11.html>.
- Brenner DJ, Elliston CD, Hall EJ, Berdon WE. Estimated risk of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR*. 2001;176:289-96.
- Hart D, Jones DG. Coefficients for estimating effective doses from pediatric x-ray examinations. National Radiological Protection Board Report R279, NRPB, Oxon.
- Khursheed A, Hillier MC, Shrimton PC, Wall BF. Influence of patient age on normalized effective doses calculated for CT examinations. *BJR* 2002; 75:819-30.
- ICRP publication 60 (1990) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Pergamon press, Oxford.
- Gijbels F, Jacobs R, Bogaerts R, Dbaveye D, Verlinden S, Sanderink G. Dosimetry of digital panoramic imaging. Part I: Patient exposure. *Dentomaxillofac Radiol*. 2005;34:145-9.
- Hart D, Hillier MC, Wall BF. Doses to patients from Medical X-ray examinations in the UK-2000 Review. NRPB-W14.
- Gogos KA, Yakoumakis EN, Tsalaftoutas IA, Makri TK. Radiation dose considerations in common paediatric X-ray examinations. *Pediatr Radiol*. 2003;33:236-40.
- Brown PH, Thomas RD, Silberberg PJ, Jonson LM. Optimization of a fluoroscope to reduce radiation exposure in pediatric imaging. *Pediatr Radiol*. 2000;30:229-35.
- UNSCEAR 2000. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly.
- Shiralkar S, Rennie A, Snow M, Galland RB, Lewis MH, Gower-Thomas K. Doctors' knowledge of radiation exposure: questionnaire study. *BMJ*. 2003;327(7411):371-2.
- Thomas KE, Parnell-Parmley JE, Haidar S, Moineddin R, Charkot E, Ben-David G et al. Assessment of radiation dose awareness among pediatricians. *Pediatr Radiol*. 2006;36:823-32.
- Hall P, Adami HO, Trichopoulos D, Pedersen NL, Laggiou P, Ekblom A, Ingvar M, et al. Effect of low doses of ionising radiation in infancy on cognitive function in adulthood: Swedish population based cohort study. *BMJ*. 2004;328:19-28.
- Doody M, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG. Breast Cancer Mortality After Diagnostic Radiography: Findings From the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine* 2000; 25(16): 2052-2063.
- Hansen J, Jurik AG, Fiirgaard B, Egund N. Optimisation of scoliosis examinations in children. *Pediatr Radiol*. 2003;33:752-65.
- BEIR V (Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations). Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation. Washington, DC: National Academy Press, 1990.
- Cox R, Muirhead CR, Stather JW, Edwards AD, Little MP. Risk of Radiation-Induced Cancer at Low Doses and Low Dose Rates for Radiation Protection Purposes. Documentos de la NRPB, Vol. 6 n.º 1.
- 2005 Recommendations of the International Radiological Commission on Radiological Protection. DRAFT FOR CONSULTATION. www.icrp.org.

Declaración de conflicto de intereses.

Declaramos no tener ningún conflicto de intereses.