

# Estimación del riesgo radiológico asociado a la dilatación endourológica de la estenosis pieloureteral congénita en pacientes pediátricos

M.Y. Molina López<sup>1</sup>, J.A. Calama Santiago<sup>1</sup>, J.M. Penedo Cobos<sup>1</sup>, J.M. Angulo Madero<sup>2</sup>, C. González Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Dosimetría y Radioprotección. <sup>2</sup>Servicio de Cirugía Pediátrica. Sección de Urología Infantil. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid.

## RESUMEN

**Introducción y objetivos.** El uso de radiaciones ionizantes (RI), como instrumento útil en determinadas intervenciones quirúrgicas, hace conveniente la evaluación de los riesgos radiológicos derivados de su empleo. Este riesgo es especialmente relevante en el caso de pacientes pediátricos, debido a su mayor radiosensibilidad y esperanza de vida. El objetivo de este trabajo es, descartados los efectos deterministas, estimar los riesgos probabilísticos inducidos por las RI en la dilatación endourológica de la estenosis pielo-ureteral (EPU), así como establecer niveles de referencia de dosis en este tipo de cirugía.

**Material y métodos.** El estudio se ha realizado para 20 pacientes pediátricos de ambos sexos, con edades comprendidas entre 2 meses y 9 años, sometidos a intervenciones de dilatación endourológica de la EPU congénita durante los años 2006 y 2007. Se conocen el tiempo de escopia y el valor proporcionado por el equipo de radiodiagnóstico del producto dosis-área. Además se han utilizado dosímetros termoluminescentes para la evaluación de la dosis máxima de entrada en piel y películas radiográficas para verificar la zona irradiada y la dosis.

**Resultados.** La dosis efectiva media por minuto para pacientes menores de 5 años es 0,36 mSv, y 0,43 mSv para pacientes mayores de esta edad, resultados inferiores a los publicados en la bibliografía para este tipo de intervenciones. El riesgo total medio de inducción de un cáncer fatal en cualquier localización, incluyendo todos los grupos de edad, es un 0,012%. La dosis máxima de entrada en piel es 19,81 mGy, siendo 2 Gy y el umbral de dosis para la aparición de efectos deterministas en piel.

**Conclusiones.** A pesar de que el riesgo de efectos probabilísticos es pequeño, es recomendable el uso de todos los métodos de protección radiológica disponibles y una coordinación más estrecha entre los diferentes colectivos implicados, para la correcta optimización de las dosis.

**PALABRAS CLAVE:** Dosis efectiva; Riesgos estocásticos; Efectos deterministas; PDA; EPU congénita.

**Correspondencia:** M<sup>a</sup> Yolanda Molina López. Servicio de Dosimetría y Radioprotección. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. C/ Doctor Esquerdo, 46. 28007 Madrid  
E-mail: myolandamolina@hotmail.com

Recibido: Mayo 2007

Aceptado: Mayo 2008

## EVALUATION OF RADIOLOGICAL RISK ASSOCIATED TO PIELOURETERAL SURGERY IN PAEDIATRIC PATIENTS

### ABSTRACT

**Introduction.** Because of the application of ionising radiation in surgical procedures, it is necessary to perform an evaluation of the radiological risks. Potential hazards are of greater influence in paediatric patients, due to their longer life expectancy and greater radiosensitivity. The aim of this paper was, with the exception of deterministic injuries, trying to evaluate patient doses and stochastic risks induced by ionising radiations in paediatric pieloureteral surgery.

**Material and methods.** Twenty paediatric patients of both sexes, from 2 months to 9 years, were included in the study. All the procedures were performed in 2006 and 2007. The X-Ray equipment shows fluoroscopy time and dose area product in each procedure, thermoluminescent dosimeters (TLD's) measure patient's skin dose and non screen films verify the radiated field and dose.

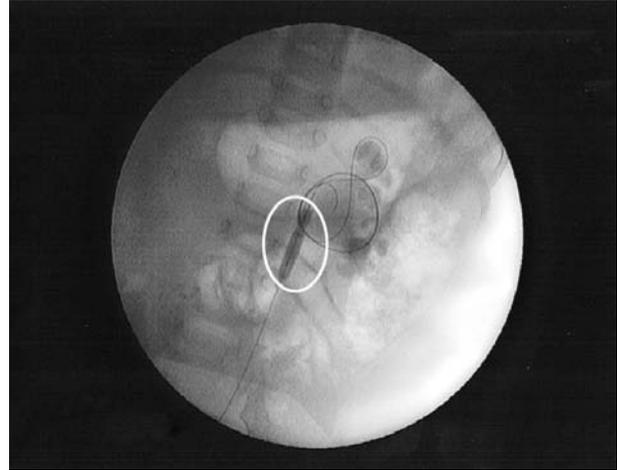
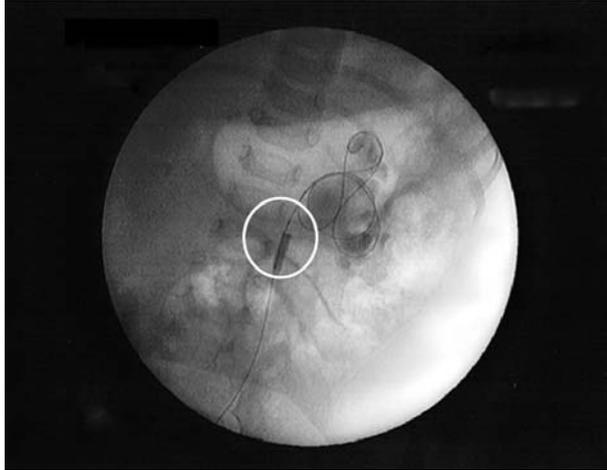
**Results.** The average effective dose per minute was 0.36mSv for patients under 5 year old and 0.43mSv for over 5. These figures were lower than previously published results for this kind of surgery. The average total risk of fatal cancer induction in any location, for each study group, was 0.012%. Maximum skin dose was 19.81mGy, which is well below the threshold for deterministic injuries (2 Gy).

**Conclusions.** Although stochastic risks were small, it's highly recommended to employ all the available methods and techniques developed for patient radiological protection. A strong coordination between team members is advisable for improving the dose optimization.

**KEY WORDS:** Effective dose; Stochastic risk; Effects determinists; DAP; Congenital EPU.

## INTRODUCCIÓN

La localización más frecuente de obstrucción del tracto urinario es la unión pieloureteral. La dilatación endourológica con balón, técnica menos invasiva que la pieloplastia desmembrada o la laparoscópica, y más utilizada en adultos, está empezando a aplicarse en el tratamiento de la estenosis pieloureteral en niños<sup>(1-7)</sup>. Este método fue descrito por primera vez en 1982 por Kandir et al.<sup>(8)</sup> y en su desarrollo se utilizan equipos de fluoroscopia para visualizar y con-



**Figura 1.** Dilatación de la estenosis mediante un balón de alta presión y colocación de *stents*.

trolar el catéter durante el acceso por el uréter hacia la estenosis.

El uso de radiaciones ionizantes como técnica médica supone un riesgo de aparición de efectos deterministas y estocásticos. Los *efectos deterministas* son aquellos que se producen en el individuo irradiado cuando se alcanza un umbral de dosis, y su gravedad es proporcional a la misma una vez superado éste. Aparecen tras un corto periodo de latencia. Los eritemas, la descamación seca o húmeda e incluso la depilación temporal o permanente son efectos de este tipo producidos por la irradiación de la piel. Otros efectos deterministas son la esterilidad temporal o permanente, debidos a la irradiación de las gónadas. Los *efectos estocásticos* son de tipo probabilístico. Su aparición no depende de la magnitud de la dosis, pero con ella se incrementa la probabilidad de que sucedan. Siempre son graves y se producen tras un periodo de latencia. Efectos de este tipo son la inducción de leucemia o de distintos tumores sólidos. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP-60)<sup>(9)</sup> ha evaluado el riesgo de mortalidad ocasionado por cáncer radioinducido por unidad de dosis, en función de la edad a la que se produce la exposición, apreciándose un incremento del riesgo al disminuir ésta. Este aumento se debe a una mayor radiosensibilidad de los tejidos de estos pacientes, así como a una mayor esperanza de vida y por tanto a un riesgo potencial más elevado de manifestación de efectos nocivos.

En este estudio se cuantifica el riesgo derivado del uso de radiaciones ionizantes durante las dilataciones endourológicas de la estenosis pieloureteral congénita y se establecen niveles de referencia para las dosis efectivas y los riesgos radiológicos inducidos al paciente en este tipo de cirugía.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un estudio para 20 pacientes pediátricos de ambos sexos, con edades comprendidas entre 2 meses y

9 años, sometidos a intervenciones de dilatación endourológica de la EPU congénita, por parte del mismo cirujano. Las intervenciones se realizan localizando el meato ureteral mediante cistoscopia para, posteriormente, acceder por ellos con un catéter guiado por escopia. Una vez situados en la estenosis, se procede a su dilatación mediante balones de alta presión y la colocación de *stents*, también con control fluoroscópico (Fig. 1).

### Equipo digital y procedimiento radiológico

Se ha utilizado un equipo de fluoroscopia portátil marca Philips modelo BV Libra, con un generador de potencia promedio 150 W, con rangos de kV de 40 a 110 kV y de mA desde 0,10 a 7,2 mA para fluoroscopia de baja tasa de dosis y desde 0,24 a 7,2 mA para fluoroscopia de alta definición, teniendo esta última un tiempo máximo de carga de 20s. Se utilizó fluoroscopia de baja tasa de dosis y fluoroscopia de alta definición sin ningún protocolo específico. El tubo de rayos X es de ánodo fijo modelo FO17 de doble foco de 0,6 y 1,4 mm. El intensificador de imagen tiene una pantalla de CsI con tres tamaños de campo de entrada (23, 17 y 14 cm).

La intervención se lleva a cabo con una técnica media de 60 kV para pacientes menores de 1 año y de 70 kV para pacientes mayores de dicha edad. Este kilovoltaje se ajusta automáticamente mediante el control automático de brillo, técnica implementada en el equipo. La filtración del equipo es de 3,65 mm de Al + 0,1 mm de Cu. Toda la intervención se desarrolla con proyección radiológica posteroanterior a una distancia foco detector fija de 100 cm y 23 cm de tamaño de campo para todos los pacientes analizados. El haz varía su posicionamiento durante la intervención desplazándose ligeramente por la zona lumbar del paciente.

### Dosimetría por termoluminiscencia

Adicionalmente, se han medido las dosis máximas de entrada para cada paciente con dosímetros termoluminescentes de fluoruro de litio (TLD 100) de dimensiones 3,17 x 3,17

x 0,89 mm, pertenecientes a un mismo lote y distribuidos en matrices 2x2. Estas matrices se colocan en la zona testicular inferior y en la región lumbar a la altura de riñones y vejiga. Los dosímetros se leen en un lector manual modelo 3500 HARSHAW. La calibración de los dosímetros empleados se ha realizado en el mismo equipo radioquirúrgico con el que se realizan las intervenciones y en condiciones técnicas y geométricas similares a las empleadas en los casos clínicos. Dicha calibración se realizó mediante la intercomparación con una cámara de ionización Radcal modelo 10X5-60E asociada a un electrómetro Radcal 9015 calibrados a su vez por un laboratorio secundario (Centro Nacional de Dosimetría). La incertidumbre estimada de las medidas con los TLD's era inferior al 30% con un nivel de confianza del 95%.

### Medida del producto dosis área (PDA)

Para el estudio retrospectivo se ha utilizado el PDA suministrado por el equipo, que realiza la estimación de esta magnitud a partir de los datos técnicos (kV, mA, tiempo de escopia), la colimación y el formato del intensificador. Este PDA ha sido verificado con la cámara de ionización Radcal modelo 10X5-60E asociada al electrómetro Radcal 9015 anteriormente citados. La diferencia media entre las medidas realizadas con la cámara Radcal y las suministradas por el equipo son del 14,98% para 60 kV y del 19,13% para 70 kV. Considerando esta diferencia entre ambos instrumentos de medida, se ha aplicado un factor de 0,87 y 0,84 para 60 y 70 kV, respectivamente, con el fin de corregir el PDA calculado por el equipo. La incertidumbre de la medida era inferior al 10% con un nivel de confianza del 95%.

### Estimación de la dosis y determinación de la proyección usando películas radiográficas

En este tipo de intervenciones, en las que sólo se utiliza la proyección posteroanterior, la colocación de una placa a la entrada del haz en el paciente nos va a permitir recoger todo el campo de radiación incidente. Se utilizaron películas Kodak X-Omat V de 33 x 41 cm. La película se procesó automáticamente en una reveladora AGFA Curix HT-330 U sometida a un programa de control de calidad. Posteriormente, la placa se digitalizó utilizando un escáner-densitómetro digital (Vidar System Corp.), y se analizó con el programa de análisis digital Osiris 3.1. Con la adecuada calibración de las películas<sup>(10)</sup>, se estimó la dosis y se determinó la proyección. Además se realizaron lecturas densitométricas con un densitómetro X-Rite 331 calibrado para verificar estos valores.

### Estimación del riesgo radiológico

Se ha realizado una clasificación de los pacientes en función de la edad, de acuerdo con la recomendación del documento de la comisión europea para exámenes de rayos X en pediatría<sup>(11)</sup>: pacientes menores de 1 año, pacientes con edades comprendidas entre 1 y 4 años y en un tercer grupo los pacientes mayores de 4 años. Con las tablas de conversión de PDA en dosis proporcionadas por la NRPB-SR279<sup>(12)</sup>, espe-

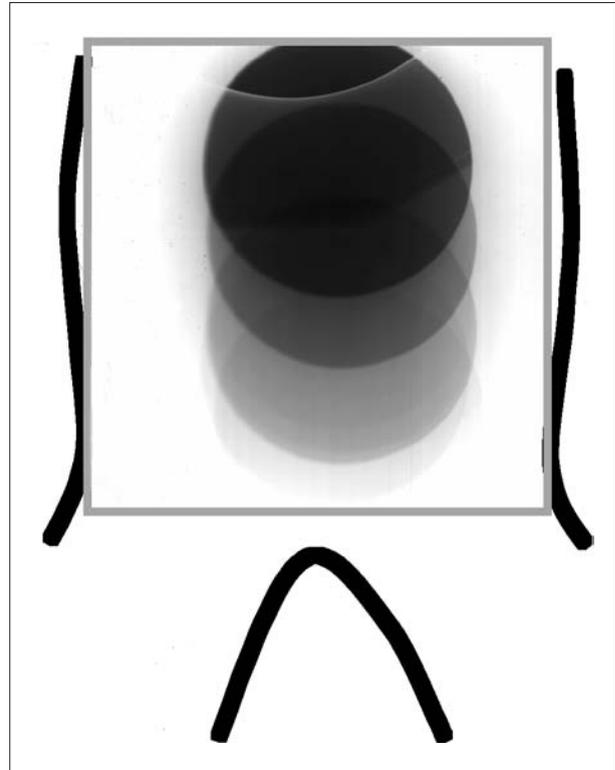


Figura 2. Región anatómica irradiada durante la intervención.

cíficas para pacientes pediátricos, se calcularon las dosis en los diferentes órganos y la dosis efectiva. En todos los grupos de edad, la proyección que más se ajusta a la geometría en este tipo de intervención es la de abdomen PA, según se muestra en la figura 2.

El riesgo total de cáncer fatal para cada paciente se ha evaluado sumando los productos de las dosis estimadas para cada órgano por los factores de riesgo de inducción de cáncer fatal correspondientes a dichos órganos para una población menor de 10 años. Estos factores especificados en la tabla I se han obtenido a partir de la probabilidad total de inducción de cáncer fatal para una población mixta expuesta a diferentes edades, de la contribución relativa establecida para cada órgano al riesgo de cáncer fatal en una población general y de la contribución relativa de cada órgano en función del sexo para el modelo de proyección multiplicativo, asumiendo que la contribución relativa de cada órgano es independiente de la edad.

Adicionalmente, y descartando la aparición de efectos hereditarios ya que los pacientes no están en edad reproductiva, se ha realizado una estimación del riesgo de aparición de efectos deterministas a partir de las dosis máximas de entrada en piel medidas con los dosímetros de termoluminiscencia y las películas radiográficas.

### Análisis estadístico

Las correlaciones entre variables fueron realizadas calculando el coeficiente de Pearson (r). Todos los cálculos esta-

**Tabla I Factores de riesgo de inducción de cáncer fatal para pacientes hasta 10 años según la ICRP-60 ( $\times 10^{-5}$  mSv-1)**

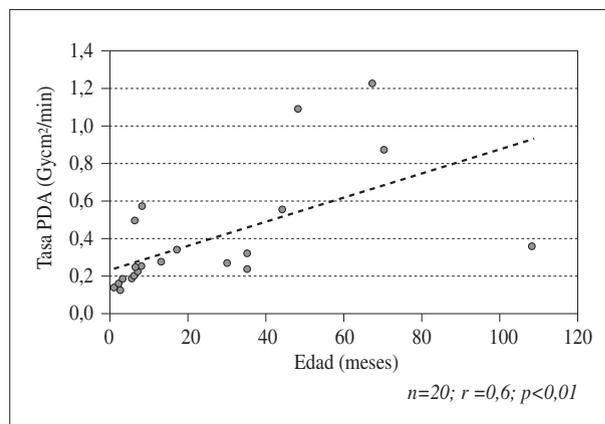
	Niños	Niñas
Vejiga	0,83	0,25
Médula ósea	2,75	1,04
Superficie ósea	0,09	0,09
Mama	–	0,36
Colon	1,08	1,97
Hígado	0,27	0,27
Pulmón	1,62	1,44
Esófago	0,45	0,63
Ovarios	–	0,18
Piel	0,036	0,036
Estómago	2,17	1,78
Tiroides	0,14	0,14
Resto		
Riñones	0,45	0,45
Otros	0,45	0,45
<b>Total</b>	<b>7,50</b>	<b>7,97</b>

dísticos se han realizado utilizando el programa SSPS versión 11.0 para Windows.

## RESULTADOS

En la tabla II se muestran los tiempos de escopia y la tasa de PDA registrados por el equipo para cada uno de los grupos. La figura 3 refleja la relación entre la tasa de PDA y la edad del paciente. La correlación entre ambas no es muy alta debido al uso de fluoroscopia de baja tasa y fluoroscopia de alta definición sin ningún protocolo establecido. Se puede ver un aumento con la edad del paciente debido a que el espesor de la zona que tiene que atravesar el haz de radiación aumenta y se trabaja con control automático de brillo.

Los valores de la mediana, primer y tercer cuartil y mínimo y máximo de la dosis efectiva y el riesgo de que se induzca un cáncer fatal debido a una intervención de este tipo por minuto de escopia para cada grupo de edad aparecen en la tabla III. Los valores medios del riesgo de cáncer por minu-



**Figura 3.** Variación de la tasa de PDA con la edad del paciente.

to de escopia para los diferentes grupos son, ordenados de menor a mayor edad, de 0,0044%, 0,0025% y 0,0046%, con una dosis efectiva media por minuto en cada grupo de 0,43, 0,26 y 0,43 mSv, respectivamente.

Los valores de la mediana, primer y tercer cuartil y mínimo y máximo de la dosis efectiva y del riesgo de cáncer fatal para cada grupo de edad, se representan en las figuras 4 y 5 respectivamente. La dosis efectiva total media, teniendo en cuenta los tres grupos de edad, es de 1,16 mSv y el riesgo de cáncer total medio es de 0,012%.

El valor máximo obtenido de la dosis de entrada en piel, medida con dosímetros de termoluminiscencia, ha sido de 19,81 mGy. Este valor máximo se corresponde con la intervención que mayor tiempo de escopia ha empleado.

## DISCUSIÓN

La dilatación endourológica puede ser una opción frente a otras técnicas quirúrgicas, para el tratamiento de la estenosis pieloureteral congénita, al ser mínimamente invasiva y presentar una baja morbilidad. Sin embargo, pocos clínicos intervencionistas conocen los riesgos radiológicos asociados a este tipo de intervención.

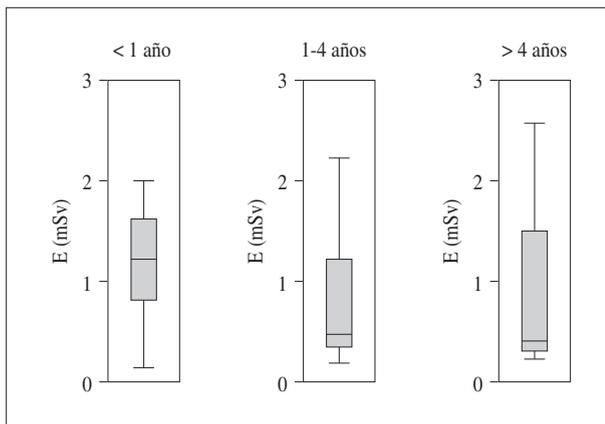
Los resultados de dosis efectiva por minuto obtenidos son inferiores a los datos que aparecen publicados en la NCRP

**Tabla II Valores de la mediana, mínimo, 1<sup>er</sup> cuartil, 3<sup>er</sup> cuartil y máximo del PDA y tiempo de escopia, para cada grupo de edad.**

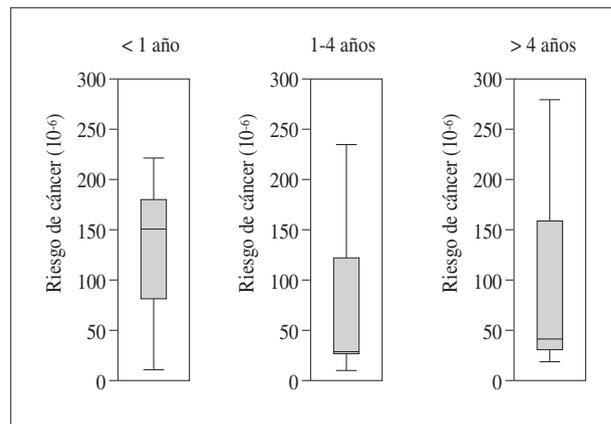
	< 1 año		1 - 4 años		> 4 años	
	PDA (Gy·cm <sup>2</sup> )	Tiempo escopia (s)	PDA (Gy·cm <sup>2</sup> )	Tiempo escopia (s)	PDA (Gy·cm <sup>2</sup> )	Tiempo escopia (s)
Mediana	0,914	176	0,401	86	0,949	156
Mínimo	0,064	21	0,175	43	0,454	22
1 <sup>er</sup> cuartil	0,517	112	0,391	77	0,701	89
3 <sup>er</sup> cuartil	1,072	316	1,633	200	3,639	294
Máximo	1,331	577	3,064	565	6,330	432

**Tabla III** Valores de la mediana, mínimo, 1<sup>er</sup> cuartil, 3<sup>er</sup> cuartil y máximo de la dosis efectiva y riesgo de cáncer por minuto de escopia, para cada grupo de edad

	< 1 año		1-4 años		> 4 años	
	<i>E</i> (mSv/min)	Riesgo cáncer ( $\times 10^{-6}$ /min)	<i>E</i> (mSv/min)	Riesgo cáncer ( $\times 10^{-6}$ /min)	<i>E</i> (mSv/min)	Riesgo cáncer ( $\times 10^{-6}$ /min)
Mediana	0,35	33	0,24	24	0,35	38
Mínimo	0,20	23	0,18	19	0,15	16
1 <sup>er</sup> cuartil	0,29	29	0,22	20	0,25	27
3 <sup>er</sup> cuartil	0,41	41	0,27	26	0,43	46
Máximo	0,87	98	0,40	42	0,50	54



**Figura 4.** Dosis efectiva total para cada grupo de edad. El rectángulo gris representa el primer y el tercer cuartil. La línea negra dentro de él representa la mediana. Las líneas en los extremos representan los valores mínimo y máximo.



**Figura 5.** Riesgo de cáncer total para cada grupo de edad. La notación viene explicada en la figura 4.

report n° 68<sup>(13)</sup>, que estima un valor de dosis efectiva por minuto de 0,55 mSv para pacientes menores de 1 año y 0,75 mSv para los dos grupos de edad siguientes, en intervenciones endourológicas. No existen diferencias significativas entre las dosis efectivas por minuto para los diferentes grupos. La dosis efectiva por unidad de tiempo depende tanto del PDA, que crece con la edad al aumentar el tamaño del paciente y trabajar con control automático de brillo, como de los factores de la NRPB-SR279, que disminuyen con la edad. La dosis efectiva total media de 1,16 mSv es inferior a la de otros tipos de intervención radiológica en la misma región anatómica, como puede ser la embolización percutánea de varicocele para pacientes adultos (5-10 mSv)<sup>(14)</sup>. Esto se debe, excluyendo los efectos relacionados con la edad del paciente, a que es una intervención que requiere escaso tiempo de escopia.

Para la estimación del riesgo de cáncer asociado no se han encontrado en la literatura datos comparables para este tipo de intervención. En todos los casos, el riesgo medio de inducción de un cáncer fatal en cualquier localización, 0,012%, es inferior al asociado a otras técnicas intervencionistas como por ejemplo a la embolización percutánea de varicocele para pacientes adultos (0,08%), y mucho menor que el riesgo de

incidencia natural de cáncer a lo largo de la vida de una persona (20-30%)<sup>(15)</sup>, ofreciendo por el contrario las ventajas generales de una cirugía mínimamente invasiva.

El detrimento total debido la radiación debe incluir, además del riesgo de cáncer mortal, las probabilidades pesadas de cánceres no mortales y la pérdida de vida media. Si se asume que el factor para el riesgo estocástico total es, al igual que el de cáncer fatal, aproximadamente 1,5 veces mayor para la edad promedio de nuestro estudio que para el promedio de todas las edades según el modelo multiplicativo, este detrimento supone una adición de aproximadamente 35 casos por millón y mSv sobre el riesgo de cáncer fatal para el riesgo estocástico global.

Determinados valores obtenidos, en particular la estimación de dosis efectiva y el riesgo fatal de cáncer, tienen una precisión relativa, dependiendo de las posiciones del tubo a lo largo de la intervención y de las proyecciones estándar consideradas en la NRPB-SR279. A esta incertidumbre hay que sumar la asociada a los factores de riesgo de cáncer necesarios para su estimación. Estos factores empleados en el cálculo se han obtenido mediante protocolos internacionales de estimación de riesgo estocástico basados en estudios estadísticos de aumento de incidencia de cáncer en poblaciones irradiadas, estimaciones que no se realizan con resultados clí-

nicos de pacientes irradiados. La ICRP-60 también habla de incertidumbres considerables en los factores de riesgo para los diferentes órganos debido a varios motivos: la dosimetría, la latencia, la forma de la relación dosis-respuesta y, naturalmente, las incertidumbres en los propios datos de base. En todo caso, los valores obtenidos para el riesgo de cáncer son conservadores, ya que en la publicación ICRP-60 se ha realizado una extrapolación lineal de los efectos ocurridos a altas dosis para los posibles efectos a bajas dosis.

De las dosis en piel y en gónadas se pueden descartar efectos deterministas. Estos efectos presentan un umbral de dosis de 2 Gy para piel y de 150 mGy para esterilización temporal en gónadas, valores muy superiores al valor máximo de dosis absorbida en piel de 19,81 mGy.

Se ha observado que la técnica empleada tiene puntos susceptibles de mejora en el ámbito de la protección radiológica, en el sentido de que la dosis efectiva se podría haber optimizado, es decir, se podría haber impartido al paciente una dosis menor y obtener imágenes de una calidad adecuada a las necesidades del clínico intervencionista. Esta optimización necesita una mayor coordinación multidisciplinar y protocolarizar la aplicación de una serie de medidas de protección radiológica adicionales. Entre estas medidas están la utilización de técnicas de alta definición únicamente cuando el clínico lo requiera para una mejor visualización de la imagen durante la intervención, la limitación del tiempo de fluoroscopia a la evaluación de estructuras móviles, valiéndose de la imagen grabada para revisar resultados y aproximar lo máximo posible el intensificador de imagen al paciente.

El clínico debe conocer el significado de las magnitudes de medida de dosis en tiempo real, tales como el PDA, así como los riesgos derivados de utilizar radiaciones ionizantes en su trabajo.

Se indica la obligatoriedad de incluir en el consentimiento informado los riesgos radiológicos asociados a la técnica para su valoración en el análisis del procedimiento diagnóstico o terapéutico más adecuado. Esta mención de los riesgos, puede ser referida de forma general como acortamiento inespecífico de la vida o posible incremento en el riesgo de cáncer y posibilidad de efectos deterministas solo en caso de complicaciones en la intervención, de acuerdo con los resultados previamente descritos, todo ello considerado previamente en la justificación de la técnica seleccionada debido a los reducidos incrementos de riesgos frente a los claros beneficios.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez LM, Friedman RM, King LR. The case for relief of ureteropelvic junction obstruction in neonates and young children at time of diagnosis. *Urology* 1991; 38(3): 195-201.
2. Siegel C, McDougall E, Middleton WD, Brink JA, Quillin SP, Teeey SA, et al. Preoperative assessment of ureteropelvic junction obstruction with endoluminal sonography and helical CT. *Am J Roentgenol* 1997; 168(3): 623-626.
3. Parente Hernández A, Angulo Madero JM, Romero Ruiz R, Cañizo López A, Laín Fernández A, Vázquez Estévez J. Tratamiento endourológico de la estenosis pieloureteral congénita. *Actas Urol Esp* 2006; 30(9): 933-938.
4. Wolpert JJ, Woodart JR, Parrott TS. Pyeloplasty in the young infant. *J Urol* 1989; 144(2 Pt 2): 573-575.
5. Schenkman E, Tarry W. Comparison of percutaneous endopyelotomy with open pyeloplasty for pediatric UPJ obstruction. *J Urol* 1998; 159(3): 1013-1015.
6. Tan HI. Laparoscopic Anderson-Hynes dismembered pyeloplasty in children. *J Urol* 1999; 162(2): 1045-1048.
7. Tan HL, Roberts JP, Grattan-Smith D. Retrograde balloon dilatation of ureteropelvic obstructions in infants and children: Early results. *Urology* 1995; 46(1): 89-91.
8. Kandir S, White RI Jr, Engel R. Balloon dilatation of ureteropelvic junction obstruction. *Radiology* 1982; 143(1): 263-264.
9. ICRP-60. ICRP Publication 60. Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. *Ann ICRP* 1990.
10. Vañó E, Gubelalde E, Fernández M, González L, Ten JI. Patient dosimetry in interventional radiology using show films. *Brit J Radiol* 1997; 70: 195-200.
11. Commission of the European Communities. Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics (CEC XII/307/91) (CEC. Brussels), 1992.
12. Coefficients for Estimating Effective Doses from Paediatric X-ray Examinations. NRPB-R279. Chilton, UK: National Radiological Protection Board. March 1996.
13. NCRP Report N° 68. Radiation Protection in Paediatric Radiology. National Council in Radiation Protection and Measurement. 1981
14. Chalmers N, Hufton AP, Jackson RW, Conway B. Radiation risk estimation in varicocele embolization. *Brit J Radiol* 2000; 73: 293-297.
15. U.S. Cancer Statistics Working Group. United States Cancer Statistics: 1999-2002 Incidence and Mortality Web-based Report. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention and National Cancer Institute; 2005