

## Dosis de radiación recibida por el paciente durante el tratamiento endovascular de los aneurismas de aorta abdominal

L.F. Riera-Del Moral <sup>a</sup>, E. Corredoira-Silva <sup>b</sup>, L. Sáez-Martín <sup>a</sup>, M. Gutiérrez-Nistal <sup>a</sup>,  
A. Fernández-Heredero <sup>a</sup>, I. Leblic-Ramírez <sup>a</sup>, C. Mendieta-Azcona <sup>a</sup>,  
S. Stefanov-Kiuri <sup>a</sup>, S. Fernández-Alonso <sup>a</sup>, G. Garzón-Moll <sup>c</sup>, L. Riera-De Cubas <sup>a</sup>

### DOSIS DE RADIACIÓN RECIBIDA POR EL PACIENTE DURANTE EL TRATAMIENTO ENDOVASCULAR DE LOS ANEURISMAS DE AORTA ABDOMINAL

**Resumen.** Introducción. Las técnicas endovasculares se utilizan cada vez con mayor frecuencia en el tratamiento de los aneurismas de aorta abdominal (AAA), para lo que es necesario emplear mayores dosis de radiación en los pacientes, tanto en el diagnóstico como en el procedimiento y su seguimiento posterior, que en el tratamiento quirúrgico convencional. Es imprescindible delimitar los niveles de referencia de dosis de radiación necesarios para la ejecución del procedimiento. Objetivo. Cuantificar la dosis total que reciben los pacientes sometidos a esta modalidad de tratamiento. Pacientes y métodos. Se analiza de forma observacional-prospectiva a 46 pacientes con AAA tratados mediante abordaje endovascular en el año 2004, de los cuales 27 reciben un montaje aortomonoilíaco y 19 bifurcado. Resultados. Se obtiene una dosis de radiación total de 48,62 mSv el primer año; esta dosis no difiere entre los pacientes a los que se les coloca una endoprótesis aortomonoilíaca o una bifurcada. Conclusiones. La dosis obtenida no produce un efecto nocivo apreciable el primer año en lo que respecta a efectos deterministas de la dosis empleada. La mayor parte de la dosis recibida se debe a los estudios con tomografía axial computarizada. La resonancia magnética puede jugar un papel muy importante para la reducción de la dosis necesaria en el futuro. [ANGIOLOGÍA 2006; 58: 311-9]

**Palabras clave.** Aneurisma de aorta abdominal. Arteriografía. Dosis. Dosis efectiva. Endoprótesis. Endovascular. Radiación. Tomografía axial computarizada.

### Introducción

El tratamiento actual de los aneurismas de aorta abdominal (AAA) ha cobrado en los últimos 15 años una dimensión nueva con el advenimiento de las técnicas y los procedimientos endovasculares.

La morbilidad del tratamiento quirúrgico convencional ha multiplicado el interés por el desarrollo de estas técnicas, que a día de hoy suponen una alternativa válida en un número importante de pacientes. Pero a pesar de tratarse de un método menos invasivo que la cirugía convencional, presenta ciertos riesgos nuevos para el paciente como son los asociados a las radiaciones ionizantes.

No existen límites de dosis para los pacientes, pero sí hay niveles de referencia para algunas exploraciones. Los niveles de dosis para los procedimientos endovasculares todavía no están establecidos [1-3].

Aceptado tras revisión externa: 03.04.06.

<sup>a</sup> Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. <sup>b</sup> Servicio de Protección Radiológica. <sup>c</sup> Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario La Paz, Madrid, España.

Correspondencia: Dr. Luis Riera del Moral. Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Hospital Universitario La Paz. P.º de la Castellana, 261. E-28047 Madrid. E-mail: piperiera@yahoo.es

© 2006, ANGIOLOGÍA

## Objetivo

Estimar de manera global la dosis de radiación que reciben los pacientes sometidos a la colocación de una endoprótesis aórtica como tratamiento de un AAA. Se tendrá en cuenta la dosis de radiación recibida tanto en el proceso de implantación como en la realización de pruebas complementarias necesarias para el diagnóstico, la planificación quirúrgica y los controles postoperatorios –tomografía axial computarizada (TAC) y arteriografía–.

## Pacientes y métodos

Se realizó un análisis observacional de los datos de 46 pacientes intervenidos de forma endovascular por AAA en el Hospital Universitario La Paz desde julio de 2004 hasta julio de 2005. Se optó por este tipo de tratamiento frente a la cirugía convencional en aquellos pacientes de riesgo quirúrgico o anestésico alto con anatomía favorable para la colocación de endoprótesis. Las variables evaluadas fueron: dosis de radiación recibida durante el procedimiento de implantación protésica, y recibida en las técnicas diagnósticas preoperatorias (TAC y arteriografía), en el postoperatorio inmediato (TAC) y en el seguimiento durante el primer año (una TAC a los 6 y otra a los 12 meses). No se cuantificó la dosis recibida durante la radiografía de tórax preoperatoria al considerarse ésta una mínima proporción del total recibido.

### **Dosis de radiación recibida en el procedimiento de implantación protésica**

Se recogieron los datos referentes al producto dosis-área (PDA), tiempo y modo de escopia, tamaño del campo [4,5] y proyecciones empleadas.

#### *Producto dosis-área*

La colocación de los dispositivos endovasculares se realiza con control radioscópico. El PDA es una mag-

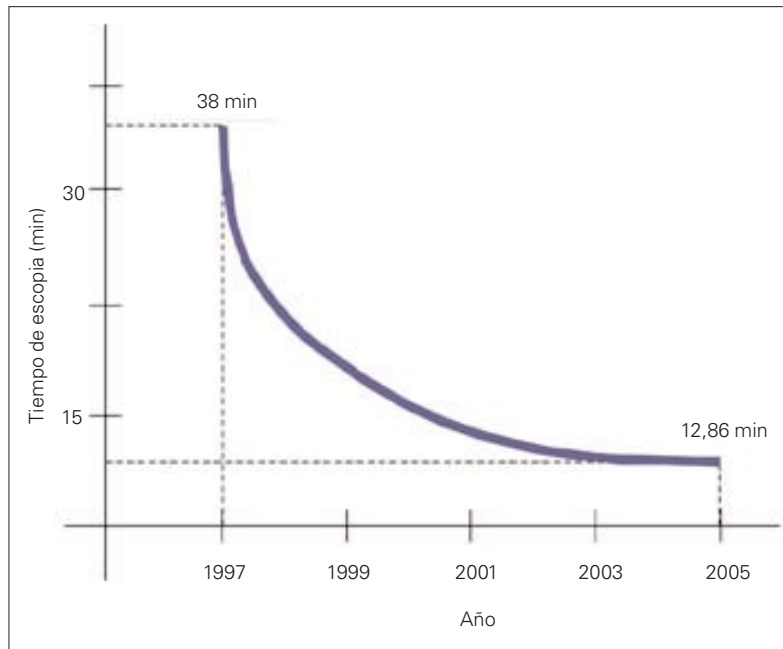
nitud que se utiliza en exploraciones complejas y se define como el producto de la dosis incidente y el área del campo de rayos X. Como este producto es igual en todos los planos perpendiculares al eje del haz de radiación, y ya que el área aumenta con el cuadrado de la distancia al foco de rayos X y la dosis disminuye con el inverso del cuadrado de la distancia, si se conoce éste a la salida del tubo de rayos X, se puede conocer a la entrada del paciente. La ventaja de utilizar el PDA es que tiene en cuenta las distintas proyecciones empleadas, así como los distintos tamaños de campo de entrada al paciente [6].

El arco radioquirúrgico digital empleado, modelo Philipps BV300, con capacidad para escopia continua y sustracción digital [7], nos da una medida del PDA que recibieron los pacientes [8]. La capa hemirreductora medida a 70 kV/p es de 3,9 mm de aluminio. El intensificador de imagen tiene tres tamaños de campo de 23, 17 y 14 cm. El valor del PDA mostrado por el equipo se corrigió por comparación de las medidas realizadas con un monitor de radiación Radcal 9015 y cámara de ionización Radcal 10X5-60 calibrada en fábrica. Este factor tiene en cuenta la atenuación de la mesa de quirófano.

#### *Tiempo de escopia*

Se trata de los últimos 46 pacientes de una serie de 284, intervenidos con este procedimiento en el Hospital Universitario La Paz y siempre por los mismos especialistas desde la introducción de la técnica hace ocho años. En este intervalo, la duración media de los procedimientos se ha reducido de manera significativa a medida que los especialistas ganaban experiencia. En este momento parece haberse alcanzado la fase de meseta de la curva de aprendizaje (Fig. 1). Los tiempos de fluoroscopia registrados son mucho menores que los publicados por Lipsitz y otros autores (39,4 frente a 12,86 min/caso) [9,10].

Del total de pacientes intervenidos, a 27 se les implantó un dispositivo aortomonoilfaco y un *bypass* femorofemoral, y a 19 una endoprótesis bifurcada.



**Figura 1.** Curva de aprendizaje que muestra la reducción del tiempo medio de escopia desde el inicio del uso del abordaje endovascular hasta hoy.

**Tabla I.** Tiempo de escopia y producto dosis-área (PDA) por procedimiento.

|                                 | N.º de<br>pacientes | Tiempo de<br>escopia (min) | PDA<br>(Gy/cm <sup>2</sup> ) | PDA media<br>(Gy/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Bifurcada                       | 19                  | 11,16                      | 23,00                        | 23,08                              |
| Aortomonoilíaca                 | 27                  | 14,06                      | 23,16                        |                                    |
| Aortomonoilíaca                 | 12                  | 13,80                      | 24,57                        |                                    |
| Aortomonoilíaca<br>+ ilioilíaco | 15                  | 14,27                      | 21,74                        |                                    |

Como objetivo secundario se analizó también la diferencia entre los tiempos de escopia de los dos procedimientos y si el hecho de colocar una endoprótesis ilioilíaca en aquellos pacientes sometidos al proceder aortomonoilíaco alargaba en exceso el tiempo de radiación, aun a sabiendas de que el trabajo no está diseñado para realizar comparaciones y que, por tanto, no tiene valoración estadística para llegar a conclusiones de peso (Tabla I).

### *Modo de escopia [4,5]*

En la totalidad de los casos se ha utilizado el modo de fluoroscopia de baja dosis, esto es, el modo de menor resolución del aparato, que permite mayor tiempo de actividad sin recalentamientos y menor tasa de dosis sobre el paciente.

### *Formato de tamaño del campo*

El tamaño usado fue variable según los casos, aunque en la mayoría de las ocasiones (87,5% del tiempo de escopia) se utilizó el campo de mayor tamaño (23 cm); se introdujeron los campos menores sólo en momentos puntuales (17 cm un 11,6% y 14 cm un 0,87%). Se tuvieron en consideración ambos parámetros a la hora de medir la dosis de radiación, puesto que la medida que se realizó fue del PDA [11].

### *Proyecciones*

En cuanto a las proyecciones empleadas, en todos los casos fue suficiente con la proyección anteroposterior, incluso para abordar las arterias hipogástricas en la colocación de los dispositivos ilioilíacos (para ello se usaron diversas técnicas de fluoroscopia digital co-

mo el *road-mapping*). Se trabajó visualizando un campo que se extiende desde el *ostium* de las arterias renales hasta el ligamento inguinal –similar al campo de la TAC (Fig. 2)–.

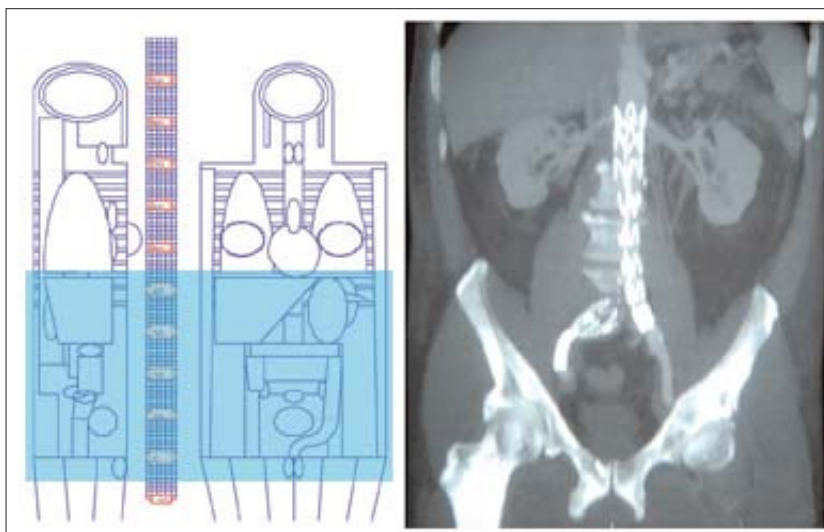
### **Dosis en la arteriografía diagnóstica**

En cada paciente se realizó una arteriografía diagnóstica preoperatoria, salvo en dos pacientes con un AAA roto a los que se intervino de forma inmediata.

Las arteriografías se realizaron con el angiógrafo modelo Philips Allura.

### Dosis en las TAC

Se realizaron cuatro TAC a cada paciente tal y como está protocolizado: una preoperatoria, otra de control inmediato y, después, otras dos a los 6 y a los 12 meses. Las TAC se hicieron aplicando el protocolo de estudio vascular del hospital con un equipo Toshiba modelo Astreon Dual.



**Figura 2.** Esquema de la anatomía expuesta en la tomografía axial computarizada vascular abdominal y reconstrucción bidimensional de un montaje aortomonoilíaco.

## Resultados

### Dosis en el procedimiento de implantación protésica

El tiempo medio de escopia fue de 12,86 min (rango: 4,15-30,21 min; mediana: 17,31 min). En el caso de los montajes aortomonoilíacos fue de 14,06 min, y de 11,16 min en las endoprótesis bifurcadas. De los 27 casos de endoprótesis aortomonoilíacas, a 15 se les implantó una endoprótesis ilioilíaca del lado contralateral al cuerpo endovascular principal en el mismo acto; el tiempo medio global del procedimiento ascendió sólo a 14,27 min. Los otros 12 pacientes no tuvieron implante ilioilíaco y su tiempo medio de escopia fue de 13,80 min (Tabla I).

El PDA medio fue de 23,08 Gy/cm<sup>2</sup> (rango: 3,43-44,85 Gy/cm<sup>2</sup>). Las endoprótesis aortomonoilíacas necesitaron un PDA prácticamente igual que las bifurcadas (23,16 frente a 23 Gy/cm<sup>2</sup>). El grupo de los aortomonoilíacos a los que se implantó también un *stent* ilioilíaco recibió 21,74 Gy/cm<sup>2</sup> de media, y a quienes sólo se colocó una endoprótesis aortomonoilíaca, 24,57 Gy/cm<sup>2</sup>.

Para convertir el PDA (Gy/cm<sup>2</sup>) en dosis efectiva,

utilizamos los datos provenientes de varios trabajos de investigación [12-15] en los que se usaron proyecciones simples anteroposteriores, idénticas a las empleadas en nuestro quirófano. Los factores que convierten las medidas del PDA en dosis efectiva derivan de las simulaciones de Monte Carlo.

El PDA permite estimar la dosis efectiva si se conocen la calidad del haz de rayos X, la región anatómica irradiada y la proyección radiográfica. Así, podemos aplicar los coeficientes de conversión de estos trabajos (0,16 mSv/Gy/cm<sup>2</sup>) para saber que la dosis efectiva media era de 3,34 mSv.

### Dosis en la arteriografía diagnóstica

La aortoarteriografía centimetrada se necesita para la medición de la anatomía aneurismática y el ajuste de la medida exacta de prótesis. La arteriografía en nuestro centro conlleva un tiempo medio de escopia de 2,3 min y un PDA de 7,99 Gy/cm<sup>2</sup>, lo que supone una dosis efectiva de 1,28mSv, utilizando el mismo factor de conversión de PDA a dosis efectiva empleado anteriormente [5]. Para realizar esta conversión podemos usar el mismo factor obtenido en otros estudios, ya que siempre estamos tratando la

**Tabla II.** Dosis equivalentes (en mSv) recibidas en los distintos órganos y tejidos durante la exploración con la tomografía axial computarizada.

|                      |        |
|----------------------|--------|
| Gónadas              | 18     |
| Médula ósea (roja)   | 7,3    |
| Colon                | 15     |
| Pulmones             | 3,3    |
| Estómago             | 17     |
| Vejiga               | 19     |
| Mamas                | 0,67   |
| Hígado               | 16     |
| Esófago (timo)       | 0,51   |
| Tiroides             | 0,057  |
| Piel                 | 6,3    |
| Superficie ósea      | 11     |
| Riñones              | 8,3    |
| Suprarrenales        | 15     |
| Cerebro              | 0,0019 |
| Intestino delgado    | 17     |
| Páncreas             | 14     |
| Bazo                 | 15     |
| Timo                 | 0,51   |
| Útero                | 17     |
| Músculo              | 8,3    |
| Dosis efectiva total | 11     |

**Tabla III.** Dosis efectiva de radiación recibida por procedimiento y total.

|                                | <i>n</i> | Dosis efectiva (mSv) | %      |
|--------------------------------|----------|----------------------|--------|
| Tomografía axial computarizada | 4        | 11,00                | 90,50  |
| Arteriografía                  | 1        | 1,28                 | 2,63   |
| Implante                       | 1        | 3,34                 | 6,87   |
| Total                          | 6        | 48,62                | 100,00 |

controles posteriores, ya que ésta es la prueba empleada en el seguimiento *a posteriori* de los enfermos. En el grupo de trabajo del Hospital Universitario La Paz, esta TAC se realiza siempre con el mismo equipo y programa, es decir, con unos parámetros que permanecen constantes, por lo que la dosis de radiación recibida por los pacientes puede considerarse una constante por cada estudio. Con los parámetros citados (Tabla II y Fig. 2) obtuvimos una dosis de radiación efectiva de 11mSv por exploración. Para el cálculo de la dosis efectiva se utilizó la versión 0,99 de *CT dosimetry* desarrollada por el grupo IMPACT. La hoja de cálculo requiere introducir el modelo de escáner y los kV/p para seleccionar los datos de Monte Carlo del National Protection Board (NRPB) SR 250, apropiados para las características dosimétricas del equipo. También es necesario introducir parámetros concretos de la exploración, como el espesor de los cortes, el miliamperaje, el número de cortes, la posición inicial y el desplazamiento de la mesa.

misma región anatómica, tanto en la arteriografía como en la TAC y en la implantación en quirófano.

### Dosis en las TAC

También son necesarios estudios de imagen con la TAC, tanto en el estudio preoperatorio como para los

### Discusión

El tratamiento endovascular supone a día de hoy una alternativa seria al tratamiento quirúrgico convencional de la patología aneurismática de la aorta abdominal.

Aunque todavía está en estudio la eficacia y la seguridad a largo plazo, parece demostrado que las tasas de morbilidad a corto plazo son menores en los pacientes sometidos a este tipo de intervención que en los operados por la vía clásica a igualdad de condiciones iniciales [16,17]. También en la cirugía vascular, como ocurre en otras especialidades quirúrgicas, las técnicas mínimamente invasivas se están desarrollando con fuerza, por lo que es previsible que su importancia siga creciendo.

Pero un factor por todos conocido, aunque muy poco estudiado en lo que respecta a esta modalidad de tratamiento quirúrgico, es el efecto nocivo de la radiación que es necesario utilizar [18-22]. El tratamiento endovascular no sólo implica el uso de fluoroscopia en el momento de la implantación de los dispositivos, sino que necesita otras técnicas de imagen que utilizan radiaciones ionizantes para el diagnóstico, la planificación quirúrgica y el seguimiento a corto y largo plazo de los pacientes. En los casos tratados mediante cirugía convencional no es necesario someter a los pacientes a tantas exploraciones de este tipo.

Existen muy pocos trabajos que valoren esta dosis de radiación en el paciente (aunque algunos estudian la recibida por el cirujano [5,9]), pese a que numerosos procedimientos médicos requieren altas dosis de radiaciones ionizantes. Las técnicas que usan radiaciones ionizantes pueden provocar efectos nocivos para el paciente tanto estocásticos como deterministas (además de la morbilidad asociada al procedimiento en sí) [23]. Los efectos estocásticos más frecuentes son los producidos sobre la piel (eritema, depilación temporal, etc.) que se han descrito en algunos procedimientos neurorradiológicos [24,25] y en angiografías y angioplastias coronarias [26].

Otras técnicas diagnósticas que no utilizan radiaciones ionizantes, como la ecografía, no sirven para planificar la intervención ni para valorar las complicaciones que pueden surgir de esta técnica. Por este

motivo, la arteriografía y la TAC cobran un protagonismo absoluto en estos procedimientos, a la espera de una mayor disposición y estandarización de la angiorresonancia magnética.

El concepto de 'dosis efectiva' se introdujo en 1975 para determinar el perjuicio debido a irradiaciones corporales parciales usando datos derivados de irradiaciones corporales completas. La dosis efectiva es la dosis media absorbida en una irradiación corporal total uniforme que produce el mismo daño que provocaría la irradiación corporal parcial, no uniforme, del área en cuestión [27].

El *Devices and Radiological Health* de la Food and Drug Administration estadounidense ha publicado un manual de dosis recibidas por los tejidos durante estudios fluoroscópicos y angiográficos de las arterias coronarias. Contiene datos obtenidos por simulación de Monte Carlo de dosis en varios órganos para 11 vistas angiográficas y seis calidades de haces [28]. En 1994, el NRPB publicó las dosis sobre distintos órganos para 31 vistas radiográficas, exploraciones gastrointestinales y proyecciones típicas de cateterismos coronarios [29]. McParland calcula las dosis efectivas de algunos procedimientos intervencionistas partiendo de las medidas del PDA y usando los factores de conversión publicados por el NRPB [12].

El objetivo de este trabajo era medir la dosis total de radiación que recibe durante un año un paciente tratado por procedimiento endovascular de un AAA, según el protocolo terapéutico del Servicio de Cirugía Vascular del Hospital Universitario La Paz. La dosis total media efectiva fue de 48,62 mSv. De la dosis total, sólo se necesitaron 3,34 mSv en la implantación del dispositivo y la mayoría de la radiación recibida provenía de la TAC helicoidal (Tabla III). Hay que remarcar que la dosis necesaria para la realización de la arteriografía es menor que la encontrada en otros estudios [6,18,29-32].

Si cuantificáramos únicamente el procedimiento de implantación y la arteriografía centimetrada, el valor obtenido representaría una dosis efectiva mu-



cho menor que la de otros procedimientos intervencionistas, como puede ser una coronariografía, y por supuesto mucho menor que las empleadas en aquellas técnicas fluoroscópicas que utilizan la TAC como método de obtención de imagen [33,34].

Debido al breve seguimiento al que se ha sometido a los pacientes de este estudio (6-12 meses, media: 11,02 meses), los efectos biológicos de la radiación a largo plazo no pueden evaluarse. Los efectos inmediatos conocidos, a corto plazo, no se presentaron en ninguno de los casos. Los mecanismos que conducen a presentar efectos adversos después de exponerse a las radiaciones ionizantes todavía no se conocen con exactitud. Las radiaciones ionizantes tienen energía suficiente para inducir cambios en las estructuras moleculares, incluido el ADN. Algunos de esos cambios son de una complejidad tal que no pueden ser reparados por los sistemas de defensa humanos. En cualquier caso hoy sabemos que sólo una proporción mínima de esos cambios está implicada en el desarrollo del cáncer o de otras patologías, pero deberíamos considerarla, sobre todo cuando se indican estos procedimientos a pacientes jóvenes.

La National Academies estadounidense es un organismo que se dedica a estudiar los efectos nocivos sobre la salud de las radiaciones ionizantes y publica periódicamente actualizaciones sobre este tema (*Biologic effects of ionizing radiation, BEIR reports*). En la última de ellas (BEIR VII) se define como dosis baja aquella comprendida entre 0 y 100 mSv de radiación de baja transferencia lineal de energía, como son los rayos X. En este trabajo se concluye que de cada 100 personas irradiadas con una dosis de 100 mSv, una desarrollaría un cáncer sólido o una leucemia a lo largo de su vida atribuible a las radiaciones ionizantes, mientras que otros 42 lo harían sin una causa aparente. También concluye que esta apreciación es lineal en relación con la dosis total recibida, es decir, que una persona de cada 1.000 desarrollaría el cáncer al exponerse a una dosis de 10 mSv. Estos resultados son orientativos y no firmes, ya que se trata de un

modelo estadístico difícil de contrastar en lo que a la evaluación del cáncer en humanos se refiere [35].

Con los datos de nuestro estudio, y aplicando el modelo del BEIR VII, uno de cada 204 pacientes tratados desarrollaría el cáncer en relación con la radiación recibida en el proceso de tratamiento endovascular de los aneurismas de aorta abdominal. Aunque, como hemos indicado antes, esta aproximación es difícil de contrastar en lo que a la patología tumoral se refiere, y especialmente en un grupo de pacientes como el nuestro, que está expuesto a múltiples factores de riesgo conocidos.

Algunos estudios muestran una relación entre la radiación y el aumento de riesgo de otras enfermedades distintas al cáncer, especialmente enfermedades de tipo cardiovascular. Sin embargo, no hay trabajos concluyentes sobre la exposición a bajas dosis de radiación ionizante y este aumento del riesgo. Lo mismo sucede con la patología tumoral maligna [35].

Por último, en nuestra corta serie, el hecho de añadir un *bypass* ilioilíaco por vía endovascular a aquellos pacientes sometidos al montaje aortomonoilíaco no aumenta significativamente los tiempos de escopia. Además, la dosis recibida por estos pacientes, de media, es menor que la que recibieron aquellos a los que no se les implantó el dispositivo ilioilíaco. Este último hecho se trata posiblemente de un sesgo en una estadística de baja potencia, puesto que la complejidad de los pacientes no es uniforme y, por ejemplo, en el tratamiento de los AAA rotos, en los que siempre se emplea un montaje aortomonoilíaco sin *bypass* ilioilíaco, los tiempos de escopia son mayores al asociarse otras técnicas como la embolización del saco aneurismático. Serían necesarias series más largas, en las que se incluyeran los tratamientos endovasculares de urgencia, para confirmar esta apreciación.

Es necesario realizar más estudios de cuantificación de dosis recibidas por los pacientes durante la práctica de estos novedosos procedimientos para obtener unos niveles de referencia adecuados que se añadan y ajusten a la normativa emergente al respecto.

## Bibliografía

1. Radiation Protection 109. Guidance on diagnostic reference levels for medical exposures. European Commission. Luxembourg: Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection; 1999.
2. Real Decreto 783/2001 de 6 de julio, por el que se aprueba el reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.
3. Royal College of Radiologists, National Radiological Protection Board. Patient dose reduction in diagnostic radiology. Documents of the NRPB. London: HMSO; 1990. Vol. 1, n.º 3.
4. Miller DL, Balter S, Cole PE. Radiation doses in interventional radiology procedures: the RAD-IR study: part I: overall measures of dose. *J Vasc Interv Radiol* 2003; 14: 711-27.
5. Hueriga C, Corredoira E, Téllez de Cepeda M, Plaza R. Dosis a pacientes y personal en cirugías vasculares de colocación de prótesis endovasculares en aneurismas de aorta [abstract]. Congreso Nacional de la SEPR. Madrid, mayo de 2004.
6. Chu RY, Parry C, Thompson III W, Loeffler C. Patient doses in abdominal aortogram and aorta femoral runoff examinations. *Health Phys* 1998; 75: 487-91.
7. Corredoira E, Téllez de Cepeda M. Dosis recibidas por los pacientes en la sala Philips de vascular. Madrid: Hospital Universitario La Paz. Servicio de Protección Radiológica; 2000.
8. Real Decreto 1976/1999 de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. BOE 29.12.1999.
9. Lipsitz EC, Veith FJ, Ohki T. Does the endovascular repair of aortoiliac aneurysms pose a radiation safety hazard to vascular surgeons? *J Vasc Surg* 2000; 32: 704-10.
10. Brambilla M, Marano G, Dominiotto M, Cotroneo AR, Carrero A. Patient radiation doses and references levels in interventional radiology. *Radiol Med (Torino)* 2004; 107: 408-18.
11. Damilakis J, Tzedakis A, Sideri L, Perisinakis K, Stamatiatos IE, Gourtsoyiannis N. Normalized concepts doses for abdominal radiographic examinations calculated using a Monte Carlo technique. *Med Phys* 2002; 29: 2641-8.
12. McParland BJ. A study of patient radiation doses in interventional radiological procedures. *Br J Radiol* 1998; 71: 175-85.
13. Steele HR, Temperton DH. Patient doses received during digital subtraction angiography. *Br J Radiol* 1993; 66: 452-6.
14. Hart D, Wall BF. Estimation of effective dose from dose-area product measurements for barium meals and barium enemas. *Br J Radiol* 1994; 67: 485-9.
15. Le Heron JC. Estimation of effective dose to the patient during medical X-ray examinations from measurements of the dose-area product. *Phys Med Biol* 1992; 37: 2117-26.
16. Greenhalgh RM, Brown LC, Kwong GP, Powell JT, Thompson SG, EVAR Trial Participants. Comparison of endovascular aneurysm repair with open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR Trial 1), 30-day operative mortality results: randomized controlled trial. *Lancet* 2004; 364: 843-8.
17. EVAR Trial Participants. Endovascular aneurysm repair versus open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR Trial 1): randomized controlled trial. *Lancet* 2005; 365: 2179-86.
18. Castellano IA, McNeill JG, Thorp NC, Dance DR, Raphael MJ. Assessment of organ radiation doses and associated risk for digital bifemoral arteriography. *Br J Radiol* 1995; 68: 502-7.
19. Marshall NW, Noble J, Faulkner K. Patient and staff dosimetry in neuroradiological procedures. *Br J Radiol* 1995; 68: 495-501.
20. Hoskins PR, Gillespie J, Ireland HM. Patient dose measurements from femoral angiography. *Br J Radiol* 1996; 69: 1159-64.
21. Thwaites JH, Rafferty MW, Gray N, Black H, Stock B. A patient dose survey for femoral arteriogram diagnostic radiographic examinations using a dose-area product meter. *Phys Med Biol* 1996; 43: 899-907.
22. Faulkner K, Love HG, Sweeney JK, Bardsley RA. Radiation doses and somatic risk to patients during cardiac radiological procedures. *Br J Radiol* 1986; 59: 359-63.
23. Wagner LK, Eifel PJ, Geise RA. Potential biological effects following high X-ray dose interventional procedures. *J Vasc Interv Radiol* 1994; 5: 71-84.
24. Huda W, Peters KR. Radiation induced temporary epilation after neuroradiologically guided embolization procedure. *Radiology* 1994; 193: 642-4.
25. Norbash AM, Busick D, Marks MP. Techniques for reducing interventional neuroradiologic skin dose: tube position rotation and supplemental beam filtration. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996; 17: 41-9.
26. Shope TB. Radiation-induced skin injuries from fluoroscopy. *Radiographics* 1996; 16: 1195-9.
27. McCollough CH, Shueler BA. Calculation of effective dose. *Med Phys* 2000; 27: 828-37.
28. Stern SH, Rosenstein M, Renaud L, Zankl M. Handbook of selected tissue doses for fluoroscopic and cineradiographic examination of coronary arteries. HHS Publication FDA 95-8288. Rockville, MD: US Department of Health and Human Services; 1995.
29. Hart D, Jones DG, Wall BF. Estimation of effective dose in diagnostic radiology from entrance surface dose and dose-area product measurements. NRPB Report 262. London: HMSO, 1994.
30. Ruiz-Cruces R, García-Granados J, Díaz-Romero FJ. Estimation of effective dose in some digital angiographic and interventional procedures. *Br J Radiol* 1998; 71: 42-7.
31. Vañó E, González L, Fernández JM, Guibelalde E. Patient dose values in interventional radiology. *Br J Radiol* 1995; 68: 1215-20.
32. Kemerink GJ, Kicken PJ, Schultz FW, Zoetelief J, Van Engelschoven JM. Patient dosimetry in abdominal arteriography. *Phys Med Biol* 1999; 44: 1133-45.
33. Efsthopoulos EP, Karvouni E, Kottou S, Tzanalaridou E, Korovesis S, Giazitzoglou E, et al. Patient dosimetry during coronary interventions: a comprehensive analysis. *Am Heart J* 2004; 147: 468-75.



34. Bulls M, Pages J, De Mey J. Evaluation of patient and staff doses during various CT fluoroscopy guided interventions. *Health Phys* 2003; 85: 165-73.
35. Monson R, Cleaver J, Abrams HL, Bingham E, Buffler PA. BEIR VII: health risks from exposure to low levels of ionizing radiation. Washington DC: National Academies Press; 2005.

# *THE RADIATION DOSE RECEIVED BY PATIENTS DURING ENDOVASCULAR TREATMENT OF ABDOMINAL AORTIC ANEURYSMS*

**Summary.** Introduction. *It is becoming increasingly more frequent to treat abdominal aortic aneurysms (AAA) using endovascular techniques and as a result the doses of radiation patients receive, both in the diagnosis and intervention as well as in the ensuing follow-up, are higher than in conventional surgical treatment. It is essential to define the reference radiation dosage levels that are needed to perform the operation.* Aim. *To quantify the total dose received by patients submitted to this kind of treatment.* Patients and methods. *An observational-prospective study was conducted to analyse 46 patients with AAA who were treated using an endovascular approach in the year 2004; aortomonoiliac devices were utilised in 27 cases and 19 received bifurcated stents.* Results. *A total radiation dose of 48.62 mSv was obtained in the first year; patients received the same dose regardless of whether an aortomonoiliac or a bifurcated stent had been placed.* Conclusions. *The dose obtained does not give rise to any appreciable adverse effects in the first year as far as dosage-determined effects are concerned. The greater part of the dose received by patients is due to the computerised axial tomography scans that are carried out. Magnetic resonance imaging can play an important role in reducing the doses that are required in the future.* [ANGIOLOGÍA 2006; 58: 311-9]

**Key words.** Abdominal aortic aneurysm. Arteriography. Computerised axial tomography. Dose. Effective dose. Endovascular. Radiation. Stent.