

Angio-tomografía computarizada multidetector en el estudio del aneurisma de aorta abdominal. Comparación de tres volúmenes de contraste diferentes

J.R. Fortuño Andrés^a, J. Falco i Fages^a, J. Perendreu i Sans^a, J. Branera i Pujol^a, P. Bermúdez Bencerrey^a, S. Bellmunt i Montoya^b y M. Rosa Safont i Sala^a

^aUnidad de Radiología Vascular e intervencionista. ^bServicio de Angiología y Cirugía Vascular. UDIAT-CD. Corporación Sanitaria Parc Taulí. Hospital de Sabadell. Barcelona. España.

Objetivo. Comparar cuantitativamente, mediante un estudio prospectivo, la utilización de diferentes volúmenes de contraste en el estudio del aneurisma de aorta abdominal y en el control del tratamiento mediante angio-TC realizado con una unidad de tomografía computarizada multidetector (TCM) de 16 coronas.

Material y métodos. Desde noviembre de 2005 hasta marzo de 2006 se incluyeron consecutivamente 63 pacientes remitidos para realizarse una angio-TC de aneurisma aórtico abdominal o para control postratamiento. Aleatoriamente se asignó cada paciente a tres grupos, al A se le administró 100 ml de contraste, al B 80 ml y al C 60 ml, en todos los casos más 40 ml de suero fisiológico y a 4 ml/s. Se utilizó un TCM de 16 coronas. En los 61 pacientes finales se efectuaron mediciones de atenuación en diferentes localizaciones mediante el uso de ROI circulares. Se recogieron las unidades Hounsfield en el primer corte (contraste inicial), en el último (contraste final), el valor máximo (contraste máximo) y también a intervalos de 1 segundo.

Resultados. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores de contraste inicial, final y máximo entre los diferentes grupos. Cincuenta y ocho de los 61 pacientes presentaron valores medios superiores a 200. Se demostró que existe correlación negativa entre peso e índice de masa corporal (IMC) y la atenuación aorto-iliaca.

Conclusión. Mediante el uso de tecnología TCM de 16 coronas es posible reducir considerablemente el volumen de contraste en los estudios de aneurisma aórtico abdominal y en su control postratamiento, con la salvedad de que volúmenes de 60 ml podrían no ser suficientes en pacientes con peso o IMC elevado.

Palabras clave: angio-TAC, aneurisma aorta abdominal, volumen de contraste.

Multislice CT Angiography in the Study of Aneurysm of the Abdominal Aorta: Comparison of Three Different Volumes of Contrast Agent

Objective. To prospectively and quantitatively compare the use of different volumes of contrast in 16-slice CT angiography for the study of aneurysms of the abdominal aorta before and/or after treatment.

Material and methods. From November 2005 to March 2006, we included 63 consecutive patients referred for CT angiography for aneurysm of the abdominal aorta or for post-treatment follow-up. Each patient was randomly assigned to one of three groups: group A was administered 100 mL of contrast agent, group B 80 mL, and group C 60 mL. In all cases, contrast was administered with 40 mL of physiological serum at a rate of 4 ml/s. A 16-detector CT scanner was used. In the last 61 patients, attenuation was measured in different locations using circular ROIs. Hounsfield units were recorded in the first slice (initial contrast), in the last slice (final contrast), at their maximum value, and also at one-second intervals.

Results. No statistically significant differences in the Hounsfield units recorded in the first slice, in the last slice, or in the maximum values were found between the different groups. Mean values were above 200 in 58 of 61 patients. Weight and body mass index (BMI) were negatively correlated with aortoiliac attenuation.

Conclusion. Using a 16-detector CT scanner enables the volume of contrast for studies of aneurysms of the abdominal aorta to be reduced considerably; however, 60 mL might not be sufficient for patients with high weight or BMI.

Key words: CT angiography, abdominal aorta aneurysm, volume of contrast agent.

Introducción

La angiografía por tomografía computarizada (angio-TC) se ha consolidado como la técnica de elección, tanto en la valoración morfológica previa al tratamiento de la patología aneurismática de la aorta abdominal como en el control posterior^{1,2}. Con el desarrollo de equipos multidetectores se ha incrementado de for-

Correspondencia:

JOSÉ RAMÓN FORTUÑO ANDRÉS. UDIAT-CD. Parc Taulí s/n. Edificio UDIAT. 08208 Sabadell. Barcelona. JFortuno@tauli.cat

Recibido: 14-II-07

Aceptado: 1-VI-07

ma considerable la resolución temporal y espacial, siendo posible generar reconstrucciones multiplanares con las que se puede obviar la necesidad de utilizar la angiografía convencional^{3,4}.

El rápido y continuo crecimiento de los sistemas de tomografía computarizada multidetector (TCM) ha provocado una renovación constante de los protocolos de administración de contraste en los diferentes territorios vasculares. Para la optimización de estos protocolos es imprescindible la consideración de numerosas variables que han sido debidamente reflejadas en la literatura; tipo de contraste, volumen, caudal de administración, uso de suero salino y el sistema de sincronización de la adquisición con el pico arterial de contraste⁵⁻⁸.

No existe consenso sobre la cantidad mínima de contraste necesaria para realizar un estudio correcto mediante TCM de la patología aneurismática aórtica, pero parece lógico pensar que este tipo de TC, junto con el uso de sistemas que optimizan la administración de contraste, permitirían reducciones de volumen manteniendo atenuaciones arteriales correctas en la región aorto-iliaca^{9,10}.

El propósito de nuestro trabajo es comparar cuantitativamente, mediante un estudio prospectivo, la utilización de diferentes volúmenes de contraste en el estudio del aneurisma de la aorta abdominal y en el control de su tratamiento mediante angio-TC realizada con un equipo de TCM de 16 coronas.

Material y métodos

Población de estudio

Desde noviembre de 2005 hasta marzo de 2006 se han incluido de forma consecutiva 63 pacientes (55 hombres y 8 mujeres; edad media: 77 años; rango 65-89 años) que fueron referidos a nuestra Unidad de Radiología vascular-intervencionista para realizarse una angio-TC de control de aneurisma aórtico abdominal (48 pacientes) o para control postratamiento (15 pacientes, 5 de ellos tratados con procedimientos quirúrgicos y 10 mediante terapéutica endoluminal). Los criterios de exclusión fueron la historia previa de reacción adversa o alergia al contraste yodado, la insuficiencia renal en fase de pre-diálisis (aclaramiento de creatinina < 15 ml/min), la sospecha de aneurisma aórtico complicado, embarazo y la edad inferior a 18 años. El comité ético de investigación clínica de nuestro hospital aprobó el estudio. Se obtuvo consentimiento informado de todos los pacientes.

Se asignó cada paciente a cada grupo de contraste de forma aleatoria mediante la utilización de una pauta de randomización suministrada por el comité de investigación del hospital. Al grupo A (22 enfermos, 18 hombres y 4 mujeres; edad media: 77 años) se le administró 100 ml de contraste más 40 ml de suero fisiológico. Al grupo B (21 enfermos, 21 hombres y 0 mujeres; edad media: 77 años) 80 ml de contraste yodado más 40 ml de suero fisiológico. Al grupo C (20 enfermos, 16 hombres y 4 mujeres; edad media: 76 años) se le administró 60 ml más 40 ml de suero fisiológico.

Protocolo técnico de estudio

Se realizaron todos los estudios de angio-TC abdomino-pélvica con la misma unidad de TCM de 16 coronas (Sensation 16, Siemens Medical Solutions, Erlangen, Alemania). La velocidad de

giro del gantry fue de 0,5 segundos, utilizando 120 kV y 140 mA. La colimación utilizada fue de 2 mm (16 × 1,5 mm) con intervalos de reconstrucción posterior de 1 mm. El desplazamiento de la mesa por giro fue de 27 mm.

Se colocaron los enfermos en posición de decúbito supino con los brazos por encima de la cabeza, realizándose un topograma en el plano antero-posterior desde el diafragma hasta la pelvis. En los estudios de control de aneurisma, o de control post-tratamiento quirúrgico, se realizó una única fase arterial, mientras que en los controles después del tratamiento endoluminal con prótesis recubierta se añadió un estudio sin contraste y otro con contraste en la fase tardía que no se analizaron en nuestro trabajo.

El contraste utilizado (Ultravist 300 mg I/ml, Schering AG, Berlín, Alemania) se injectó por vía intravenosa a través de una cánula de 20 G localizada en una vena antecubital. Se utilizó un sistema de inyección automática (Spectris, Medrad, Pittsburgh [PA], EE. UU.) administrándose las diferentes cantidades de contraste en función de grupo asignado con un caudal de 4 ml/s, seguido en todos los casos por 40 ml de suero-fisiológico a 4 ml/s.

La sincronización entre el paso de contraste y el inicio del estudio en fase arterial se realizó utilizando un sistema de disparo automático detectado en tiempo real en la aorta abdominal a nivel del diafragma (Bolus Tracking, Siemens Medical Solutions, Erlangen, Alemania). Se obtuvieron para ello imágenes en el plano axial a intervalos de 1 segundo. La secuencia de control se activó 10 segundos después del comienzo de inyección del contraste. El inicio del estudio se disparó automáticamente cuando el nivel de intensidad de contraste en la aorta abdominal llegó a 180 unidades Hounsfield (UH), medido con una región de interés (ROI) situado manualmente a este nivel. En ese momento, y durante 4 segundos, la mesa se desplazó hacia la posición craneal de inicio del estudio, siendo este el tiempo mínimo necesario para comenzar el estudio en fase arterial. Se utilizó siempre la dirección cráneo-caudal en el eje Z del espacio.

Recogida de datos y análisis estadístico

En cada enfermo, y siempre por el mismo operador, se realizó una medición del nivel de contraste en diferentes localizaciones mediante el uso de ROI circulares colocados manualmente en el centro de las arterias. El análisis se realizó en la estación de trabajo (Wizard, Siemens medical solutions, Erlangen, Alemania). Se midió la intensidad de contraste en UH en el corte inicial en la aorta abdominal y en el corte final al nivel de la femoral común. Para ello se utilizaron ROI con un volumen adaptado al diámetro del vaso, evitando incluir calcificaciones o porciones de prótesis metálicas. Se realizaron también mediciones de UH a intervalos de 1 segundo. Por debajo de la bifurcación aórtica se eligió un lado o el otro, seleccionando el que tuviera los vasos de mayor diámetro y con mayor facilidad para efectuar mediciones (menos artefactos atribuibles a calcificación o a las prótesis metálicas).

Se registraron las variables: edad, sexo, peso y talla, estimadas por el propio enfermo, así como el motivo de la exploración. Se calculó para cada enfermo el índice de masa corporal (IMC = kg/m²). Se valoró la aparición de reacciones adversas o alérgicas al contraste.

Recogimos la información individual de las UH en el primer corte (contraste inicial), en la última imagen (contraste final) y el valor máximo seleccionado de entre todas las mediciones rea-

TABLA 1. Características de los pacientes en los tres grupos estudiados

	Grupo 60 ml	Grupo 80 ml	Grupo 100 ml
Número de pacientes	20	20	21
Edad media (años)	77,82	77,64	76,27
Peso medio (kg)	72,05	75,05	75,67
Talla media (cm)	166,32	167,90	165,01
IMC (kg/m^2)	25,98	26,65	27,76
Relación hombre/mujer	17/4	20/0	16/4
Relación aneurisma no intervenido/intervenido	16/4	15/5	15/6

IMC: índice de masa corporal.

TABLA 2. Parámetros de atenuación en los tres grupos

	Grupo A 100 ml contraste	Grupo B 80 ml contraste	Grupo C 60 ml contraste	p
Contraste inicial (UH)	305 ± 62	302 ± 44	274 ± 71	0,210
Contraste final (UH)	320 ± 60	294 ± 44	278 ± 63	0,188
Contraste máximo (UH)	345 ± 63	329 ± 45	306 ± 73	0,138

Los valores reflejados son las medias; ± representa la desviación estándar. UH: unidades Hounsfield.

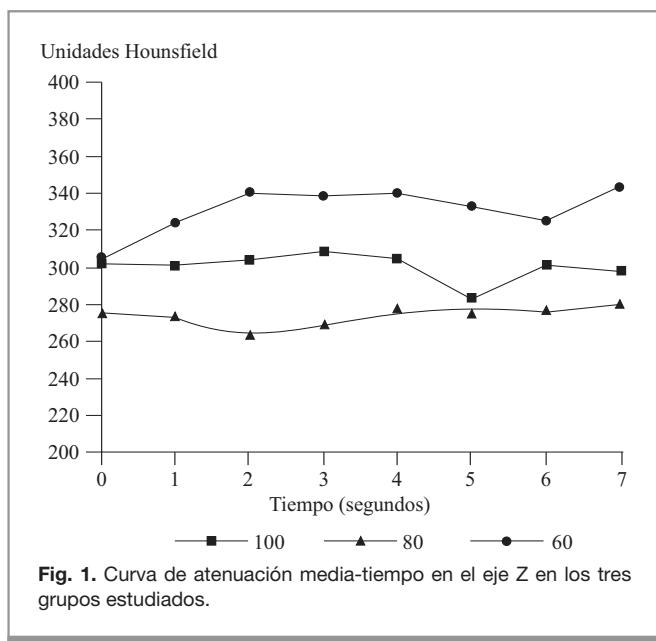


Fig. 1. Curva de atenuación media-tiempo en el eje Z en los tres grupos estudiados.

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa SPSS para Windows versión 13.0. Para todos los análisis estadísticos se consideró un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo.

Resultados

De los 63 pacientes incluidos inicialmente en el estudio dos fueron excluidos por errores técnicos que consistieron, en uno de los casos, en una extravasación accidental del contraste, y en el otro paciente una ausencia de inyección del suero fisiológico. El análisis final se efectuó sobre 61 pacientes, 21 en el grupo al que se le administró 100 ml de contraste y 20 en los grupos con 80 y 60 ml de contraste (tabla 1). No hubo diferencias estadísticas significativas entre grupos en las variables expuestas en la tabla 1.

Los valores medios, con sus desviaciones estándar de contraste inicial, contraste final y contraste máximo en los diferentes grupos fueron respectivamente de 305 UH ± 62, 320 UH ± 60 y 345 UH ± 63 en el de 100 ml de contraste, 302 UH ± 44, 294 UH ± 44 y 329 ± 45 en el grupo de 80 ml y finalmente 274 UH ± 71, 278 UH ± 63 y 306 UH ± 73 en el de 60 ml de contraste. No se encontró diferencia estadística significativa en los valores de contraste inicial, contraste final y contraste máximo entre los diferentes grupos (tabla 2). La atenuación media de cada grupo a través del eje Z (fig. 1) demuestra un nivel constante en los tres grupos, con cifras superiores en el grupo de 100 ml (326-349 UH) sobre el de 80 ml (283-307 UH) y el de 60 ml (265-280 UH). En 58 de los 61 pacientes analizados los valores de atenuación media estuvieron por encima de 200 UH; únicamente en tres (15%) de los 20 casos del grupo con 60 ml estuvieron por debajo de este valor límite (figs. 3, 4 y 5). La relación lineal entre la atenuación media y el peso para cada protocolo, determinada mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r), fue de -0,708, -0,204 y -0,425 respectivamente para 100, 80

lizadas para cada enfermo (contraste máximo). Se calculó la media para cada enfermo y la media por grupos.

Se generaron curvas de atenuación media-tiempo por grupos y gráficas de atenuación media de cada grupo separados por pacientes, valorando aquellos que tenían un valor medio inferior a 200 UH, considerado en la bibliografía como mínimo para estimar un estudio vascular como óptimo.

Se determinaron las diferencias entre los valores de contraste inicial, contraste final y contraste máximo entre los diferentes grupos mediante un análisis de la varianza (ANOVA).

La relación lineal entre la atenuación media y las dos variables, peso e IMC fue analizada mediante el uso de coeficientes de correlación de Pearson.

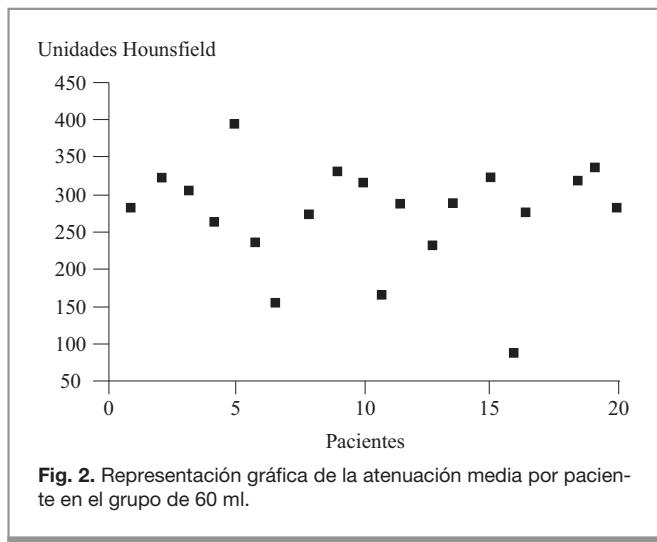


Fig. 2. Representación gráfica de la atenuación media por paciente en el grupo de 60 ml.

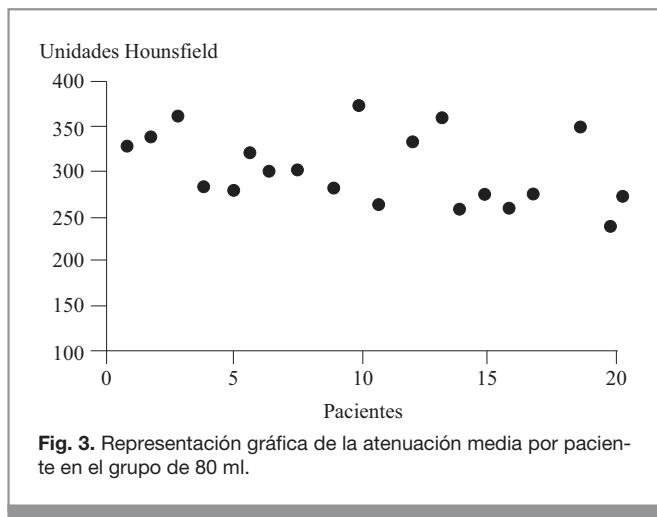


Fig. 3. Representación gráfica de la atenuación media por paciente en el grupo de 80 ml.

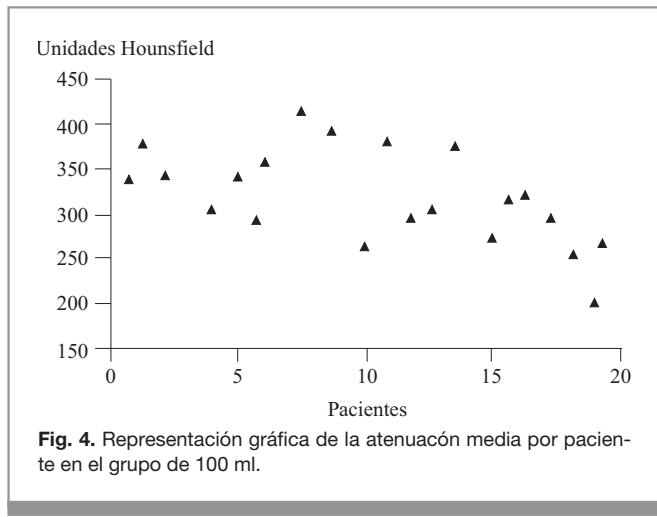


Fig. 4. Representación gráfica de la atenuación media por paciente en el grupo de 100 ml.

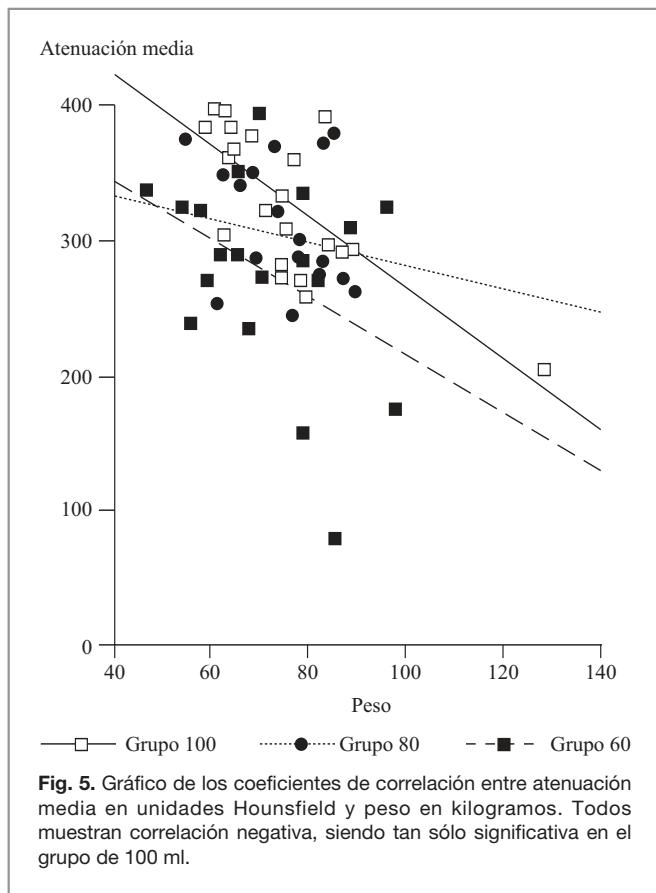


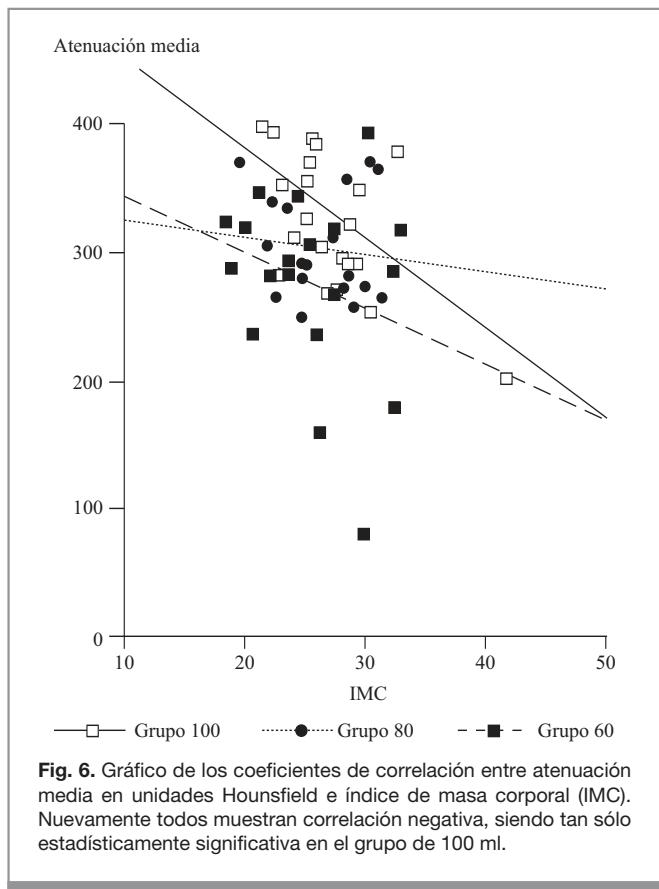
Fig. 5. Gráfico de los coeficientes de correlación entre atenuación media en unidades Hounsfield y peso en kilogramos. Todos muestran correlación negativa, siendo tan sólo significativa en el grupo de 100 ml.

y 60 ml de contraste con una $p = 0,0001$, 0,365 y 0,425 siendo significativa sólo en el grupo de 100 ml (fig. 5). Con relación al índice de masa corporal el coeficiente de correlación de Pearson $r = -0,536$, $-0,114$ y $-0,267$ respectivamente para 100, 80 y 60 ml de contraste con una $p = 0,012$, 0,632 y 0,267, siendo nuevamente sólo significativa en el grupo de 100 ml (fig. 6).

Discusión

La mejora sustancial de la tecnología multidetector ha permitido el desarrollo de una generación de escáneres con resolución espacial y temporal suficiente como para establecer la angio-TC aorto-iliaca como la prueba diagnóstica de elección en el estudio de la patología aneurismática aórtica abdominal¹⁻⁴. La reducción progresiva de la duración de los estudios ha obligado a replantearse los esquemas clásicos de administración de contraste¹¹. Con adquisiciones tan rápidas como las obtenidas con el TMC de 16 coronas, aproximadamente 7-8 segundos en una angio-TC aorto-iliaca, la hipótesis es que con volúmenes menores de contraste es posible conseguir niveles de atenuación suficientes para obtener estudios diagnósticos de calidad que permitan la correcta visualización de las arterias (figs. 7A y 7B).

En la época de la tecnología espiral con un único detector se utilizaban cantidades fijas de contraste, siempre por encima de 120 ml, o se determinaba la dosis en función del peso del enfer-



mo⁸, habitualmente multiplicando éste por 2. Este esquema era útil cuando las adquisiciones tenían una duración de 20-30 segundos; en la actualidad con el TMC los tiempos son muchos más cortos, y ante la necesidad de optimizar el contraste se han propuesto numerosos protocolos para cuantificar la dosis óptima¹²⁻¹⁴.

En nuestro caso hemos utilizado para nuestro trabajo tres cantidades de contraste que son coincidentes con las previamente referidas en la literatura^{9,11,15}. Hemos incorporado el uso sistemático de un sistema de activación de la fase arterial mediante bolus-tracking¹⁶, así como la administración de un bolo de suero fisiológico después de la inyección de contraste^{17,18}, medidas ambas que permiten la optimización del contraste consiguiendo niveles de atenuación media superiores.

Clásicamente se ha determinado 200 UH como el mínimo valor de atenuación necesario en las arterias para obtener reconstrucciones multiplanares de calidad en los estudios de angio-TC. En este estudio todos los pacientes de los grupos de 100 y 80 ml superaron este límite, y sólo en tres de los 20 pacientes (15%) del grupo de 60 ml quedaron por debajo, en los tres casos con pesos superiores a 80 kg (80, 86 y 95 kg) y con un IMC elevado (26,7, 33,2 y 31,7). Como otros estudios demuestran, y nuestra propia experiencia confirma, existe una correlación negativa entre el peso del enfermo y la atenuación aorto-ilíaca¹⁹. En este trabajo esta tendencia a la relación negativa existe en los tres grupos, tanto si se considera el peso como el IMC, pero sólo presenta significación estadística en el grupo de 100 ml. La explicación a esta falta de significación viene determinada probablemente por la condición multifactorial de la atenuación arterial en la angio-TC, que sobrepasa a los meros factores antropométricos con variables influyentes tan dispares como el funcionamiento cardiaco o el estado de hidratación.

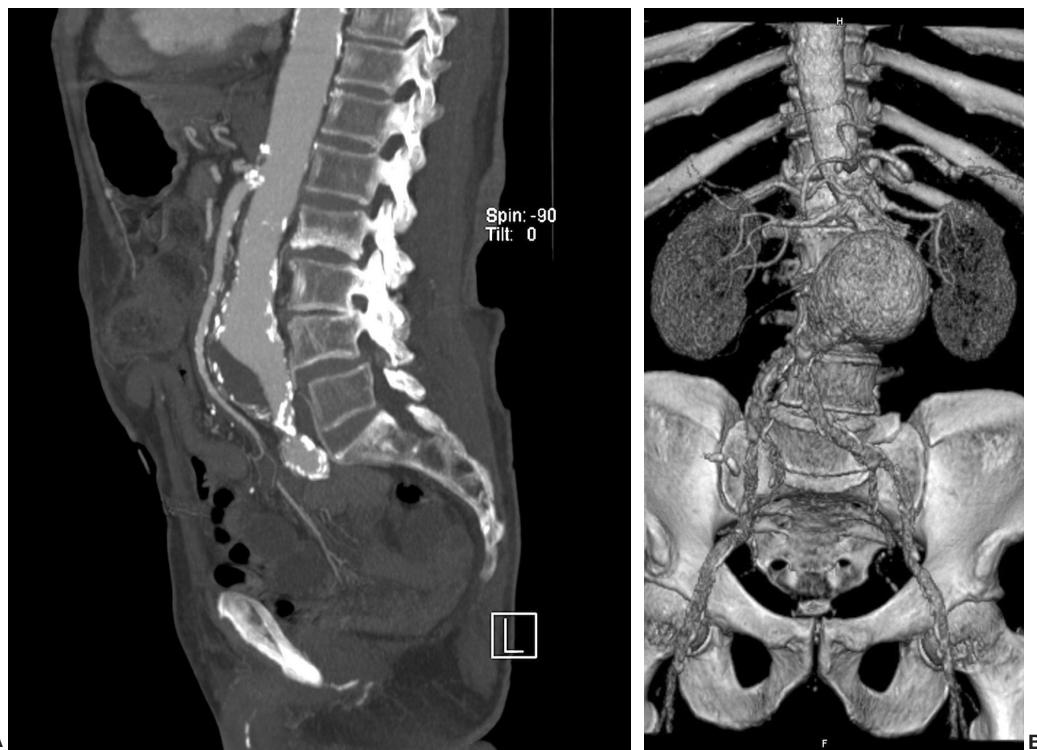


Fig. 7. Imagen de reconstrucción de máxima intensidad de proyección (MIP) sagital (A) y volume rendering de aneurismas de aorta abdominal infrarrenal (B) de dos pacientes diferentes.

La comparación entre grupos de los valores medios en los cortes iniciales, finales y en el pico de atenuación máxima, y el análisis de la gráfica de atenuación media en el eje Z del espacio, corroboran la hipótesis de que los tres protocolos consiguen atenuaciones suficientes con columnas de contrastes homogéneas en el eje craneo-caudal.

La reducción de la dosis de contraste tiene como primer fin disminuir el riesgo de provocar daño renal en el paciente remitido para la angio-TAC, normalmente pacientes de elevada edad y con patología ateromatosa que presentan un alta probabilidad de padecer nefrotoxicidad, o que tienen nefropatía isquémica ya establecida^{20,21}. Por otro lado, un uso limitado del contraste puede suponer una reducción de costes para la institución, si bien la demostración de ambos hipotéticos beneficios no ha sido el objetivo de nuestro trabajo.

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones metodológicas. En primer lugar los grupos son relativamente pequeños, y esto podría influir en la validez de los resultados. Los datos antropométricos de los enfermos se obtuvieron mediante información dada por ellos mismos, y es posible que exista una desviación de la realidad que interfiera en las conclusiones obtenidas a la hora de relacionarlos con el grado de atenuación arterial. Parece probable que la combinación en el estudio tanto de aneurismas tratados como no tratados sea un factor de confusión, ya que puede existir diferente comportamiento hemodinámico entre una arteria nativa y una arteria intervenida. Tan sólo se ha hecho una valoración cuantitativa de los estudios, no realizándose una evaluación cualitativa de las reconstrucciones multiplanares generadas, si bien en múltiples trabajos previos^{9,13,17} existe adecuada correlación entre ambos análisis. Por último los resultados de nuestro estudio únicamente pueden ser aplicables en aquellos contextos clínicos en los que exista disponibilidad para usar tecnología TCM de 16 coronas.

En conclusión, creemos que nuestro trabajo sustenta la hipótesis de que utilizando tecnología TCM de 16 coronas es posible reducir considerablemente el volumen de contraste en los estudios del aneurisma aórtico abdominal y en su control postratamiento, con la salvedad de que volúmenes de 60 ml podrían no ser suficientes en pacientes con peso y/o IMC elevados.

Bibliografía

1. Diehm N, Herrmann P, Dinkel HP. Multidetector CT angiography versus digital subtraction angiography for aortoiliac length measurements prior to endovascular AAA repair. *Endovasc Ther*. 2004;11:527-34.
2. Iezzi R, Cotroneo AR. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: CTA evaluation of contraindications. *Abdom Imaging*. 2006;31:722-31.
3. Stavropoulos SW, Clark TW, Carpenter JP, Fairman RM, Litt H, Velazquez OC, et al. Use of CT angiography to classify endoleaks after endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Interv Radiol*. 2005;16:663-7.
4. De Gracia MM, Rodriguez-Vigil B, Garzon-Moll G, Bravo-Soberon A, Sanchez-Almaraz C, Alvarez-Sala-Walther R. Correlation between the measurement of transverse diameter in the proximal neck on computed tomography and on aortography before endovascular treatment of infrarenal aortic aneurysm. *Ann Vasc Surg*. 2006;20:488-95.
5. Cademartiri F, de Monye C, Pugliese F, Mollet NR, Runza G, van der Lugt A, et al. High iodine concentration contrast material for noninvasive multislice computed tomography coronary angiography: iopromide 370 versus iomeprol 400. *Invest Radiol*. 2006;41:349-53.
6. Schoellnast H, Tillich M, Deutschmann HA, Deutschmann MJ, Fritz GA, Stessel U, et al. Abdominal multidetector row computed tomography: reduction of cost and contrast material dose using saline flush. *J Comput Assist Tomogr*. 2003;27:847-53.
7. Dorio PJ, Lee FT Jr, Henseler KP, Pilot M, Pozniak MA, Winter TC 3rd, et al. Using a saline chaser to decrease contrast media in abdominal CT. *AJR Am J Roentgenol*. 2003;180:929-34.
8. Macari M, Israel G, Berman P, Lisi M, Tolia A, Adelman M, et al. Infrarenal abdominal aortic aneurysm at multidetector row CT angiography: Intravascular enhancement without a timing acquisition. *Radiology*. 2001;220:519-23.
9. Utsunomiya D, Awai K, Tamura Y, Nishiharu T, Urata J, Sakamoto T, et al. 16-MDCT aortography with a low-dose contrast material protocol. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;186:374-8.
10. Schoellnast H, Tillich M, Deutermann MJ, Deutschmann HA, Schaffler GJ, Portugaller HR. Aortoiliac enhancement during computed tomography angiography with reduced contrast material dose and saline solution flush: influence on magnitude and uniformity of the contrast column. *Invest Radiol*. 2004;39:20-6.
11. Johnson P, Fishman E. IV contrast selection for MDCT: current thoughts and practice. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;186:406-15.
12. Bae K, Tran H, Heeink J. Uniform vascular contrast enhancement and reduced contrast medium volume achieved by using exponentially decelerated contrast material injection method. *Radiology*. 2004;231:732-6.
13. Awai K, Hiraishi K, Hori S. Effect of contrast material injection duration and rate on aortic peak time and peak enhancement at dynamic CT involving injection protocol with dose tailored to patient weight. *Radiology*. 2004;230:142-50.
14. Ho L, Nelson R, Thomas J, Giménez E, DeLong D. Abdominal aortic aneurysms at multi-detector row helical CT: optimization with interactive determination of scanning delay and contrast medium dose. *Radiology*. 2004;232:854-9.
15. Rubin G, Shiu MC, Leung AN, Kee ST, Logan LJ, Sofilos MC. Aorta and iliac arteries: single versus multiple detector-row helical CT angiography. *Radiology*. 2000;215:670-6.
16. Cademartiri F, Nieman K, Van der Lugt A, Raaijmakers R, Mollet N, Pattynama P, et al. Intravenous contrast material administration at 16-detector row helical CT coronary angiography: test bolus vs bolus-tracking technique. *Radiology*. 2004;233:817-23.
17. De Monyé C, Cademartiri F, De Weert T, Siepman D, Dippel D, Van der Lugt. Sixteen-detector row CT angiography of carotid arteries: comparison of different volumes of contrast material with and without a bolus chaser. *Radiology*. 2005;237:555-62.
18. Irie T, Kajitani M, Yamaguchi M, Itay Y. Contrast-enhanced CT with saline flush technique using two injectors: how much contrast medium does it save? *J Comput Assist Tomogr*. 2002;26:287-91.
19. Platt JF, Reige KA, Ellis JH. Aortic enhancement during abdominal CT angiography: correlation with test injections, flow rates and patient demographics. *AJR Am J Roentgenol*. 1999;173:53-6.
20. Rosovsky M, Rusinek H. Dose-related nephrotoxicity. *Radiology*. 2006;240:614.
21. Davidson C, Stacul F, McCollough P, Tumlim J, Lameire N, Becker C and CIN consensus working panel. Contrast medium use. *Am J Cardiol*. 2006;98:42-58.

Declaración de conflicto de intereses.

Declaramos no tener ningún conflicto de intereses.