

Valoración no invasiva de injertos aortocoronarios y coronarias nativas con tomografía computarizada de 64 detectores: comparación con la coronariografía invasiva

Ana Laynez-Carnicero^a, Jordi Estornell-Erill^b, Alberto Trigo-Bautista^a, Alfonso Valle-Muñoz^a, Mercedes Nadal-Barangé^a, Rafael Romaguera-Torres^a, Ana Planas del Viejo^c, Miguel Corbí-Pascual^a, Rafael Payá-Serrano^{a,d} y Francisco Ridocci-Soriano^{a,d}

^aServicio de Cardiología. Consorcio Hospital General Universitario de Valencia. Valencia. España.

^bERESA. Unidad de TC y RNM. Consorcio Hospital General Universitario de Valencia. Valencia. España.

^cServicio de Cardiología. Hospital General Universitario de Castellón. Castellón. España.

^dDepartamento de Medicina. Universitat de Valencia. Valencia. España.

Introducción y objetivos. Aunque la tomografía computarizada (TC) multidetector muestra una elevada exactitud diagnóstica en la valoración no invasiva de las arterias coronarias e injertos, son escasos los trabajos que valoren su fiabilidad en el estudio conjunto de vasos nativos, injertos y vasos distales a las anastomosis. El objetivo de este estudio es valorar la exactitud diagnóstica de la TC de 64 detectores en la valoración de injertos coronarios y arterias coronarias nativas.

Métodos. Se estudia con TC de 64 detectores a 36 pacientes revascularizados quirúrgicamente e indicación clínica de evaluación angiográfica de sus injertos. Se analizó la exactitud diagnóstica de la TC para la detección de lesiones significativas en los injertos y coronarias nativas comparando sus resultados con los de la coronariografía invasiva.

Resultados. De los 103 injertos referidos (49 arteriales y 54 venosos) se visualizaron 96 (93,2%) por coronariografía y 98 (95,1%) por TC. Los valores diagnósticos para los injertos mostraron una sensibilidad del 100% (30/30) y especificidad del 97% (64/66) y valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN) del 94 y el 100%, respectivamente. Respecto a los vasos nativos no revascularizados (258 segmentos), se obtuvo sensibilidad del 94%, especificidad del 95%, VPP del 80% y VPN del 99%. La sensibilidad y la especificidad de la valoración de vasos distales fueron del 86 y el 97% respectivamente, con VPP del 67% y VPN del 99%.

Conclusiones. La TC de 64 detectores presenta una alta exactitud diagnóstica en la valoración de los injertos coronarios y arterias coronarias nativas.

Palabras clave: Tomografía computarizada. Angiografía. Injerto coronario. Enfermedad coronaria. Coronariografía.

Correspondencia: Dr. F. Ridocci Soriano.
Servicio de Cardiología. Hospital General Universitario de Valencia.
Avda. Tres Cruces, 2. 46014 Valencia. España.
Correo electrónico: ridocci_fra@gva.es

Recibido el 17 de octubre de 2008.

Aceptado para su publicación el 15 de octubre de 2009.

Non-Invasive Assessment of Coronary Artery Bypass Grafts and Native Coronary Arteries Using 64-Slice Computed Tomography: Comparison With Invasive Coronary Angiography

Introduction and objectives. Although the diagnostic accuracy of CT in the non-invasive assessment of coronary arteries and grafts is known to be high, only a few studies have investigated the technique's reliability for the combined assessment of native coronary arteries, grafts, and vessels lying distal to anastomoses. The aim of this study was to evaluate the diagnostic accuracy of 64-slice CT for assessing coronary grafts and native coronary arteries.

Methods. In the study, 64-slice CT was used to evaluate 36 patients who had undergone coronary artery bypass graft surgery and had a clinical indication for angiographic graft assessment. The diagnostic accuracy of CT for identifying significant lesions in grafts and native coronary arteries was determined and compared with that of invasive coronary angiography.

Results. Of the 103 grafts studied (49 arterial and 54 venous), 96 (93.2%) could be visualized by angiography and 98 (95.1%) by CT. The sensitivity and specificity of CT for detecting significant lesions in grafts were 100% (30/30) and 97% (64/66), respectively, and the positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) were 94% and 100%, respectively. For non-revascularized coronary arteries (258 segments), the sensitivity, specificity, PPV and NPV were 94%, 95%, 80% and 99%, respectively, and for distal vessels, 86%, 97%, 67% and 99%, respectively.

Conclusions. The diagnostic accuracy of 64-slice CT for evaluating both coronary grafts and native coronary arteries was high.

Key words: Computed tomography. Angiography. Coronary artery bypass graft. Coronary artery disease. Coronary angiography.

Full English text available from: www.revespcardiol.org

ABREVIATURAS

CI: coronariografía invasiva.
 IC: intervalo de confianza.
 TC: tomografía computarizada.
 TCMD: tomografía computarizada multidetector.
 VPN: valor predictivo negativo.
 VPP: valor predictivo positivo.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la cirugía de revascularización coronaria es restablecer el flujo en las arterias coronarias ocluidas o estenóticas. A menudo no se trata de una solución permanente, ya que hasta un 10% de los injertos se ocluyen inmediatamente o poco después de la cirugía, y un 59% de los injertos venosos y un 17% de los arteriales están ocluidos a los 10 años¹. La reaparición de angina tras la cirugía suele ocurrir en el 50% de los casos a los 6 años^{2,3} y, aunque puede ser el resultado del fallo del injerto, en la mayoría de los casos la causa es la progresión de la enfermedad en las coronarias nativas⁴.

La coronariografía invasiva (CI) es la modalidad diagnóstica de elección en la valoración del estado de los injertos; sin embargo, tiene los inconvenientes de ser una técnica invasiva, costosa y con posibilidad de complicaciones asociadas que, aunque poco frecuentes, pueden llegar a ser graves.

Las pruebas no invasivas como la ecocardiografía y la imagen nuclear son útiles para la detección de isquemia miocárdica, pero tienen limitaciones para determinar la localización exacta de la enfermedad obstructiva en el paciente revascularizado. Debido a esto, se han evaluado otras técnicas de imagen para la valoración angiográfica no invasiva de la revascularización quirúrgica: la resonancia magnética (RM)^{5,6}, la tomografía computarizada (TC) convencional⁷, la TC de haz de electrones⁸ y la TC multidetector (TCMD)⁹. En concreto, la TCMD ha demostrado su elevada exactitud diagnóstica para la detección de la oclusión y estenosis de los injertos, aunque sólo en un reducido número de trabajos se han analizado también las arterias nativas¹⁰⁻¹⁵, lo que limita su aplicación clínica sistemática. Sólo un estudio español previo, de nuestro grupo, ha evaluado el rendimiento diagnóstico de la TC en revascularizados quirúrgicamente, pero sólo analizando injertos y no vasos nativos por las limitaciones del equipo anterior de 16 detectores¹⁶.

El objetivo del presente estudio es determinar la exactitud diagnóstica de la TCMD en la valoración de los injertos coronarios, así como de los vasos distales a las anastomosis y de las coronarias nativas,

y comparar los resultados con los de la coronariografía invasiva.

MÉTODOS

Población

Se estudió de forma prospectiva a 36 pacientes (30 varones) con una media de edad de $65,7 \pm 10,1$ (41-81) años, revascularizados quirúrgicamente, con indicación clínica de valoración angiográfica de los injertos por recurrencia de los síntomas isquémicos en 26 pacientes (72,2%) o deterioro de la función sistólica en 10 (27,8%).

Todos los pacientes excepto 4 (11,1%) se encontraban en ritmo sinusal, con una frecuencia cardíaca media de $61,07 \pm 8,8$ (46-72) lat/min. Se excluyó a los pacientes con insuficiencia renal, alergia a contrastes yodados y falta de colaboración para realizar una apnea adecuada (tabla 1).

En todos ellos se realizaron estudios angiográfico convencional y con TCMD, con un intervalo entre ambos de $48,63 \pm 40,02$ (2-170) días. En todos los pacientes la TCMD se realizó antes que la CI y la demora en la realización de ésta fue decisión del clínico responsable de los pacientes.

TABLA 1. Características de la población estudiada (n = 36)

Edad (años)	65,7 ± 10,1
Sexo	
Varones	30 (80,3)
Mujeres	6 (16,7)
FRCV	
Hábito tabáquico activo	8 (22,2)
Hipertensión	26 (72,2)
Dislipemia	26 (72,2)
Diabetes mellitus	17 (47,2)
Fibrilación auricular	4 (11,1)
Anatomía de injertos por paciente	
Monoinjerto	3 (8,3)
2 injertos	9 (25)
3 injertos	16 (44,4)
> 3 injertos	8 (22,2)
Injertos arteriales y venosos	25 (69,4)
Sólo injertos venosos	5 (13,8)
Sólo injertos arteriales	6 (16,6)
Presentación clínica	
Síntomas isquémicos	26 (72,2)
Deterioro de la función sistólica	10 (27,8)
Estudio con TC	
Frecuencia cardíaca (lat/min)	61,07 ± 8,8
Bloqueadores beta	7 (19,4)
Volumen de contraste (ml)	96,7 ± 4,9
Tiempo de apnea (s)	10,1 ± 1,9
Dosis estimada de radiación (mSv)	30 (24-32)

FRCV: factores de riesgo cardiovascular; TC: tomografía computarizada.
 Los datos expresan n (%), media ± desviación estándar o media (intervalo).

Todos los pacientes otorgaron su consentimiento informado para la participación en el estudio.

Angiografía por tomografía computarizada multidetector

Se empleó un tomógrafo de 64 detectores con un tiempo de rotación completa de 330 ms (LightSpeed VCT, GE®; Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos) que permite la obtención de 64 cortes, con grosor de 0,625 mm y cobertura de 40 mm por rotación, lo que permite adquirir un volumen que incluye todo el tórax en un tiempo medio de apnea $10,1 \pm 1,9$ (7-14) s.

El volumen de contraste se adaptó al peso del paciente (Iomeron® 400; Bracco, Italia), inyectado en la vena antecubital con una velocidad de infusión de 5 ml/s; la adquisición se iniciaba con la llegada del contraste a la aorta ascendente.

La adquisición se realizó de forma sincronizada con el electrocardiograma con los siguientes parámetros: 120 kV y hasta 750 mA. Se empleó modulación de dosis sincronizada con ECG. La dosis media estimada de radiación fue de 30 (24-32) mSv, aplicando el coeficiente de conversión para el tórax ($\times 0,017$).

Pese a que la mayoría de los pacientes estaban en tratamiento crónico con bloqueadores beta, se administró una dosis adicional de 2,5-5 mg de atenolol intravenoso a 7 pacientes con frecuencias cardíacas > 60 lat/min antes del inicio de la prueba (tabla 1).

Tras la adquisición, se reconstruyeron retrospectivamente las fases del ciclo cardíaco (de 0 al 90%, con incrementos sucesivos del 10%) utilizando un algoritmo segmentado (resolución temporal de 165 ms), con el fin de obtener las reconstrucciones en la fase con menor artefacto de movimiento cardíaco, especialmente para el estudio de las coronarias nativas.

El análisis de las imágenes se realizó en una estación de trabajo (Advantage Work Station 4,3®, General Electric Medical System; Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos) con un *software* específico para el estudio cardiovascular y se emplearon reconstrucciones MPR curvo (*multiplane reformat*), MIP (*maximum intensity projection*) y 3D-VD (*volume rendering*).

Cada estudio fue interpretado por un cardiólogo con experiencia en la realización e interpretación de estudios cardiovasculares por TC que desconocía los resultados de la angiografía convencional.

Injertos arteriales y venosos

Se evaluó la permeabilidad de los injertos y la presencia de estenosis significativas (reducción del calibre del injerto, en cualquier punto de su trayecto, $> 50\%$ por estimación visual).

Se evaluaron 103 injertos coronarios, según refería la hoja operatoria, 49 injertos arteriales (32 de mamaria izquierda, 2 de mamaria derecha y 15 de radial) y 54 venosos.

Vaso distal a anastomosis de bypass

Se valoraron todos los segmentos distales a las anastomosis, evaluando la presencia de estenosis significativa (reducción del diámetro luminal $> 50\%$) u oclusión.

Arterias coronarias nativas

Las arterias coronarias no revascularizadas o con revascularización incompleta fueron valoradas por segmentos siguiendo el modelo de la ACC/AHA¹⁷ de 17 segmentos. Se analizaron los siguientes segmentos coronarios: arteria coronaria derecha proximal, media y distal, arteria interventricular/descendente posterior y tronco posterolateral, tronco común, arteria descendente anterior proximal, media y distal, primero y segundo ramo diagonal, arteria circunfleja proximal y distal con tres ramos marginales y/o posterolaterales (así como ramo descendente posterior en caso de dominancia izquierda).

Coronariografía invasiva

Se realizó con un equipo Coroskop Plus/TOP® (Siemens; Múnich, Alemania) mediante una punción de la arteria femoral y cateterización selectiva, siempre que fue posible, de los injertos coronarios y realizando las proyecciones angiográficas habituales. El hemodinamista responsable del procedimiento realizó el análisis de las imágenes, y se determinó visualmente la presencia de lesiones en los vasos, de la misma manera que con la TCMD.

Análisis estadístico

En el análisis descriptivo de la muestra, las variables continuas se expresaron en forma de media \pm desviación estándar, mientras que las variables cualitativas se expresaron en porcentajes.

Para determinar la exactitud diagnóstica de la TCMD en la valoración no invasiva de lesiones significativas (estenosis $> 50\%$ u oclusión) en toda la extensión de los injertos aortocoronarios, lechos distales y coronarias nativas, se calcularon los valores de sensibilidad y especificidad, los valores predictivos positivo (VPP) y negativo (VPN) y la exactitud diagnóstica. Estos valores se calcularon mediante una tabla de contingencia de 2×2 , tomando como estándar la CI convencional. Se calcularon los valores diagnósticos para los injertos aor-

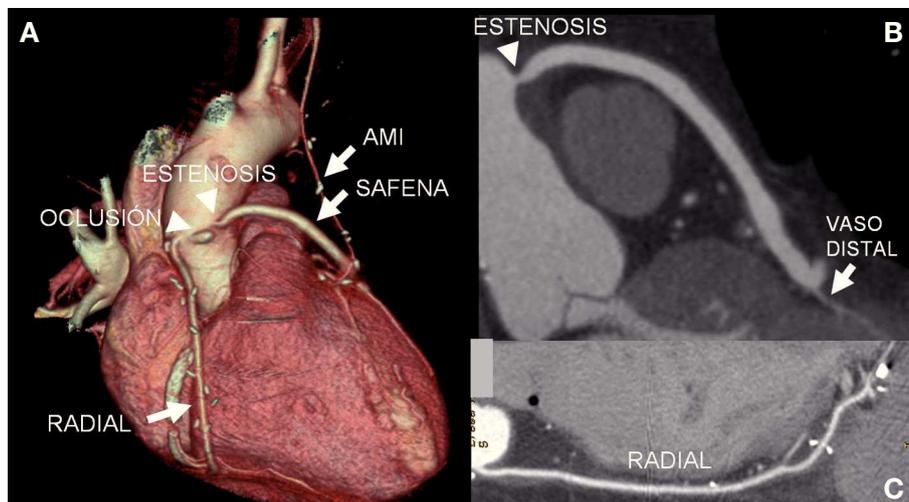


Fig. 1. A: reconstrucción *volume rendering*. Injertos de mamaria interna a descendente anterior, safena a marginal y radial a coronaria derecha distal, permeables. Estenosis significativa en segmento proximal del injerto de safena a marginal y oclusión de injerto de safena a diagonal (puntas de flecha). B y C: reconstrucción multiplanar curva que muestra la estenosis proximal del injerto de safena a rama marginal de muy reducido calibre (B) y el injerto de radial a coronaria derecha distal sin lesiones. AMI: arteria mamaria interna.

toconarios venosos y arteriales, de forma separada, los valores para el total de injertos, para vasos distales a anastomosis y para segmentos de arterias coronarias nativas. Además se realizó un análisis por paciente para los injertos, vasos nativos y distales a anastomosis y para injertos y vasos nativos conjuntamente. En este análisis, se clasificó a los pacientes con al menos una estenosis en injertos o arterias nativas y los que presentaban segmentos no evaluables como «positivos» (dado que la existencia de lesiones no se podría excluir y, por lo tanto, tampoco la necesidad de realizar la coronariografía). Se determinó el intervalo de confianza (IC) del 95% para los parámetros diagnósticos referidos. El análisis estadístico se realizó mediante el paquete de *software* estadístico para ciencias sociales SPSS v. 12.0 para Windows (SPSS Inc.; Chicago, Illinois, Estados Unidos).

RESULTADOS

Injertos aortocoronarios

De los 103 injertos aortocoronarios referidos en la hoja quirúrgica, se visualizaron 96 (93,2%) mediante CI, tanto por inyección selectiva como de forma indirecta, de los que 48 eran injertos arteriales y 48, venosos. Se identificaron 24 oclusiones (4 en injertos de mamaria interna, 5 en radiales y otras 15 en los injertos venosos) y 6 estenosis > 50% (1 en un injerto de mamaria interna, otra en un injerto de arteria radial y 4 en injertos de safenas).

Mediante la TCMD se visualizaron 98 injertos, 48 injertos arteriales y 50 venosos. Se detectaron 26 oclusiones (4 de injertos de mamaria interna, 5 de radial y 17 de safena) y 8 estenosis significativas (1 de arteria mamaria, 3 de radial y 4 venosos) (fig. 1). La TCMD permitió identificar 2 injertos

TABLA 2. Número y tipo de lesiones en injertos, comparados por ambas técnicas

	Sin lesiones	Estenosis	Oclusión
Injertografía convencional			
Arteriales	37	2	9
Venosos	29	4	15
Total	66	6	24
TCMD			
Arteriales	35	4*	9
Venosos	29	4	15
Total	64	8	24

TCMD: tomografía computarizada multidetector.

*Dos injertos arteriales considerados como estenosis significativa en TCMD, no significativos en injertografía.

ocuidos de safena en su origen (muñón) que no se pudo valorar por la injertografía invasiva.

Para determinar la capacidad diagnóstica de la TCMD en la valoración no invasiva de lesiones significativas (oclusión o estenosis > 50%) en los injertos aortocoronarios, se compararon los 96 injertos (48 arteriales y 48 venosos) visualizados en la angiografía (tabla 2).

Los valores diagnósticos para los injertos venosos mostraron una sensibilidad del 100% (19 lesiones significativas en el TC de las 19 detectadas en la injertografía), una especificidad del 100% (29 injertos sin lesiones en la TCMD de los 29 injertos en la CI), con VPP y VPN del 100% (tabla 3).

Respecto a los injertos arteriales comparados, hubo 11 lesiones significativas diagnosticadas en la CI, y todas se detectaron en la TCMD (sensibilidad del 100%). Hubo dos falsos positivos, dos estenosis no significativas en un injerto de radial a coronaria derecha y otro a marginal con múltiples *clips* metálicos, que se consideró significativas por TCMD (fig. 2). No hubo falsos negativos. Se obtuvo una especificidad, un VPP y un VPN del 94,6% (35/37),

TABLA 3. Valores diagnósticos de la tomografía computarizada en la valoración no invasiva de injertos aortocoronarios, vasos distales y coronarias nativas

	VP	VN	FP	FN	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	VPP (%)	VPN (%)	Exactitud diagnóstica (%)	
Injertos totales	96	30	64	2	0	100	96,9 (92,1-100)	93,8 (87-100)	100	97,9 (95-100)
Injertos arteriales	48	11	35	2	0	100	94,6 (88,2-100)	84,6 (74,4-94,8)	100	
Injertos venosos	48	19	29	0	0	100	100	100	100	
Segmentos nativos	258	43	201	11	3	93,5 (90,5-96,5)	94,8 (92,1-97,5)	79,6 (74,4-84,5)	98,5 (97-99,9)	94,6 (91,8-97,3)
Vasos distales	95	6	85	3	1	85,7 (78,7-92,7)	96,6 (93-100)	66,7 (57,2-76,1)	98,8 (97,7-99,9)	95,8 (91,7-99,8)

FN: falso negativo; FP: falso positivo; VN: verdadero negativo; VP: verdadero positivo; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo. Entre paréntesis: intervalo de confianza del 95%.

el 84,6% (11/13) y el 100% (35/35), respectivamente (tabla 3).

La sensibilidad y la especificidad general de la TCMD en la detección de lesiones significativas en los injertos fue del 100% (30 lesiones correctamente diagnosticadas por TCMD de las 30 visualizadas en la injertografía) y del 96,9% (64/66; IC del 95%, 92,1%-100%), respectivamente. Asimismo, el VPP general fue del 93,8% (IC del 95%, 87%-100%) y el VPN, del 100%. La exactitud diagnóstica de la TCMD en la valoración no invasiva de todos los injertos aortocoronarios fue del 97,9% (94 de los 96 injertos comparados fueron valorados correctamente por la TCMD; IC del 95%, 95%-100%) (tabla 3).

Arterias coronarias nativas

En total se han valorado 174 arterias coronarias nativas no revascularizadas o revascularizadas de forma incompleta (lo que equivale a 275 segmentos). De los 275 segmentos, se visualizaron 262 (95,3%) mediante CI, de los cuales 46 (16,7%) presentaban estenosis significativa/oclusión y 212 (77,1%), estenosis no significativas. Se visualizaron 4 (1,5%) segmentos con *stent*. Los 13 seg-

mentos no visualizados corresponden a primera y segunda marginal (2 y 4, respectivamente), coronaria derecha media, coronaria derecha distal, tronco posterolateral e interventricular posterior (4).

Mediante la TCMD se visualizaron 248 segmentos (90,2%), de los cuales 43 (15,6%) presentaban lesiones consideradas como significativas u oclusión (fig. 3), 201 (73,1%) estenosis no significativas y 4 (1,5%) segmentos con *stent*. Las tres lesiones no detectadas como significativas en el TC, evaluadas como tales en la coronariografía convencional, corresponden a 1 lesión considerada no significativa por la tomografía y 2 vasos nativos no valorados en TC por artefacto de movimiento. No se pudieron visualizar 27 segmentos en la TCMD (circunfleja distal, 3; primera marginal, 2; segunda marginal, 8; coronaria derecha media, 1; coronaria derecha distal, 1; tronco posterolateral, 3, e interventricular posterior, 9).

Para determinar la capacidad diagnóstica de la TCMD en la valoración no invasiva de lesiones significativas (oclusión o estenosis > 50%) en los vasos nativos no revascularizados, se compararon los 258 segmentos de los 262 visualizados por CI (se excluyeron los 4 segmentos con *stent*).



Fig. 2. A: reconstrucción *volume rendering*. Injerto de mamaria interna a descendente anterior e injerto en Y de radial a rama posterolateral de la circunfleja con artefactos metálicos y de reducido calibre, sin que se llegue a visualizar la anastomosis distal en la reconstrucción multiplanar (B), por lo que se consideró ocluido. En la injertografía invasiva se demostró su permeabilidad. AMI: arteria mamaria interna.

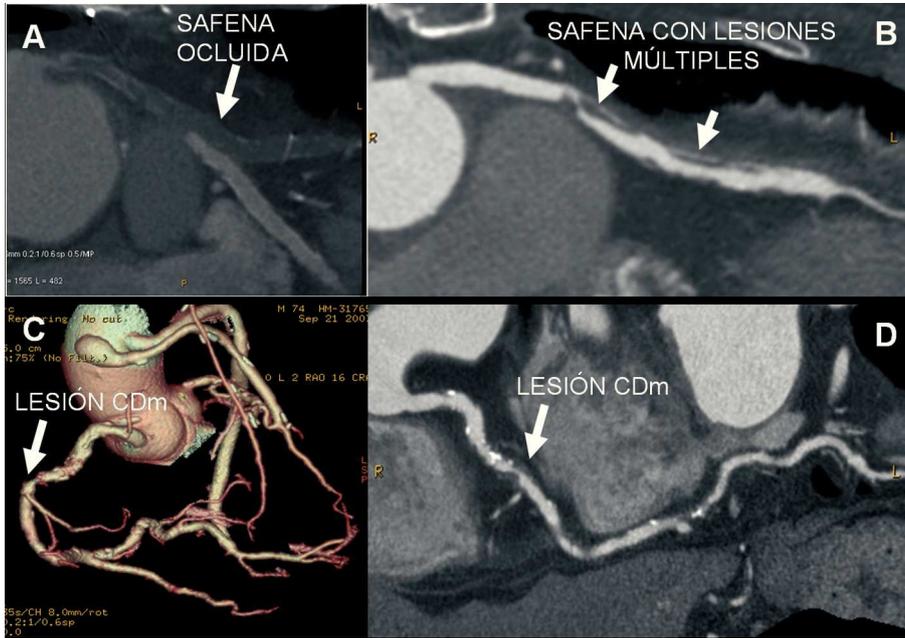


Fig. 3. A y B: reconstrucciones curvas multiplanares que muestran un injerto de safena ocluido, totalmente trombosado (A) y otro, también de safena, con múltiples lesiones; la proximal es significativa (B). C y D: triple *bypass* de mamaria a descendente anterior, safena a diagonal y safena a rama posterolateral de la circunfleja. Reconstrucción *volume rendering* (C) que muestra la permeabilidad de los injertos y la presencia de una lesión en segmento medio de la coronaria derecha, no revascularizada, significativa en la reconstrucción multiplanar (D). CDm: arteria coronaria derecha media.

Los valores diagnósticos para los vasos nativos mostraron una sensibilidad del 93,5% (43/46), una especificidad del 94,8% (201 /212), con VPP del 79,6% (IC del 95%, 74,7%-84,5%) y VPN del 98,5% (IC del 95%, 97%-99,9%) (tabla 3).

La exactitud diagnóstica de la TCMD en la valoración no invasiva de todos los segmentos nativos fue del 94,6% (244/258; IC del 95%, 91,8%-97,3%) (tabla 3).

Vasos distales a la anastomosis

En total se han visualizado 99 vasos distales a anastomosis aortocoronarias (35 descendentes anteriores, 14 diagonales, 2 circunflejas, 23 marginales y 25 coronarias derechas).

Para determinar la capacidad diagnóstica de la TCMD en la valoración no invasiva de lesiones significativas (oclusión o estenosis > 50%) en los vasos distales a las anastomosis, se compararon los 95 vasos de los 99 visualizados mediante CI (4 vasos finos, con calcificaciones extensas, no fueron valorados).

Los valores diagnósticos para los vasos distales muestran una sensibilidad del 85,7% (6 vasos con estenosis significativa en la TCMD de los 7 detectados en la injertografía), una especificidad del 96,6% (88 vasos sin lesiones de los 85 considerados así por la angiografía), con VPP del 66,7% y VPN del 98,8% (tabla 3).

La exactitud diagnóstica de la TCMD en la valoración no invasiva de todos los segmentos nativos fue del 95,8% (91 de 95 vasos distales a las anastomosis comparados fueron valorados correctamente por la TCMD; IC del 95%, 91,7%-99,8%) (tabla 3).

Análisis por paciente

Los 20 pacientes con al menos un injerto con lesiones por coronariografía invasiva fueron correctamente clasificados por TCMD, 3 pacientes sin lesiones en la coronariografía fueron mal clasificados por TCMD y en 13 pacientes el TCMD excluyó correctamente la presencia de lesiones en los injertos. La exactitud diagnóstica para identificar o excluir enfermedad de injertos fue del 92% (33/36). La TCMD mostró también una alta exactitud diagnóstica en el análisis de las coronarias nativas y vasos distales, el 92 y el 94% respectivamente. El valor diagnóstico de la prueba para el correcto análisis de lesiones en cualquier vaso es elevado, y tras nuestro análisis se obtuvo una exactitud diagnóstica del 91,6% (tabla 4).

DISCUSIÓN

La TC y en especial la TCMD han mostrado, en pacientes seleccionados, una elevada exactitud diagnóstica en la valoración de los injertos aortocoronarios, incluso superior a la demostrada para la detección de lesiones en las coronarias nativas^{9-16,18-23}. Ello se debe sobre todo a la menor movilidad de los injertos y a su tamaño (especialmente los venosos), pese a que todavía existen dificultades derivadas de la presencia de *clips* metálicos en los injertos arteriales, de menor tamaño. Sin embargo, la utilidad del TCMD en estos pacientes requiere también la valoración de las coronarias nativas, lo que puede ser difícil debido a la calidad de los vasos en estos pacientes con aterosclerosis avanzada.

TABLA 4. Análisis de resultados por paciente

	VP	VN	FP	FN	Exactitud (IC del 95%)
Injertos	20	13	3	0	91,6% (82,6%-100%)
Vasos nativos	19	14	0	3	91,6% (82,6%-100%)
Segmentos distales	9	25	1	1	94,4% (86,96%-100%)
Lesión en injerto/vaso nativo/segmento distal	28	5	1	2	91,6% (82,6%-100%)

FN: falsos negativos; FP: falsos positivos; IC: intervalo de confianza; VN: verdaderos negativos; VP: verdaderos positivos.

Los estudios previos con tomógrafos de 16 detectores muestran una elevada exactitud diagnóstica en la valoración de la permeabilidad de los injertos, con una sensibilidad del 100% y una especificidad de un 98-100%, aunque algo más baja para la detección de estenosis (sensibilidad, 71-100%; especificidad, 86-100%)¹⁶⁻¹⁹. Sin embargo, los pocos estudios que valoran también las coronarias nativas muestran un alto porcentaje de segmentos no evaluables (24-34%) debido a artefactos de movimiento y, sobre todo, por la presencia de calcificaciones¹⁰⁻¹⁵.

Las series existentes con TC de 64 detectores demuestran con respecto a las anteriores un aumento en la evaluabilidad de los injertos por mejoras en la calidad de la imagen, y mantienen una elevada exactitud diagnóstica, del 100%, para detectar oclusiones y próxima al 100% para estenosis^{10,11,13-15,20-23}, resultados que son similares a los obtenidos en nuestro estudio (sensibilidad y especificidad del 100 y el 97%, respectivamente).

Son pocos los estudios con TCMD que valoran también los vasos nativos en el mismo examen¹⁰⁻¹⁵. Así, con un TC de 64 detectores, Malagutti et al¹⁰ obtuvieron una sensibilidad de 89% y una especificidad del 93% para la detección de estenosis significativas en los segmentos coronarios distales a las anastomosis y una sensibilidad del 97% y una especificidad del 86% en los segmentos no revascularizados. El estudio de Ropers et al¹³ mostró sensibilidad y especificidad del 86 y el 90%, respectivamente, en la valoración de los segmentos coronarios distales a las anastomosis y del 86 y el 76% en los no revascularizados (segmentos coronarios > 1,5 mm) con un 7% de no evaluables, sobre todo, por calcificaciones extensas. En otro estudio con TC de 64 detectores, Onuma et al¹¹, al valorar 749 segmentos nativos, obtuvieron una evaluabilidad del 91,4%, con sensibilidad y especificidad del 93,3 y el 87,6%, respectivamente; en cuanto a la valoración de vasos distales, observaron una sensibilidad del 70% y una especificidad del 91%.

En nuestra serie, los segmentos nativos evaluables fueron el 93%, lo que se combina con una exactitud diagnóstica similar a las publicadas en estudios previos (sensibilidad, 93,5%; especificidad, 100%). En cuanto a vasos distales, obtuvimos una sensibilidad del 85,7% y una especificidad del

96,6%, resultados muy similares a los descritos previamente (tabla 5) e inferiores a los obtenidos cuando se evalúan sólo las coronarias nativas en pacientes no revascularizados. Estos resultados confirman la elevada exactitud diagnóstica de la TCMD en la evaluación de los injertos coronarios.

La mayor dificultad para la TCMD reside en la valoración de los vasos nativos, en los que la progresión de la enfermedad coronaria es causa frecuente de la reaparición de síntomas. Ello se debe a la resolución espacial empleada en los TC actuales, que limita la valoración de los vasos nativos (no revascularizados y distales a las anastomosis) de estos pacientes con aterosclerosis avanzada, de reducido diámetro, con calcificación extensa y ocasionalmente con *stents*.

Sin embargo, en nuestra serie el TCMD permitió evaluar completamente, en 25 de los 36 pacientes, los injertos y el árbol coronario nativo, y en 23 de ellos se identificó correctamente al menos una lesión significativa.

Es deseable que el desarrollo tecnológico de los detectores permita soslayar las limitaciones en el análisis de los vasos nativos debido a la insuficiente resolución espacial, lo que evitaría la realización de CI en un mayor número de pacientes.

Limitaciones

Aunque en nuestro trabajo se ha incluido el mismo número de injertos arteriales y venosos, menos de un tercio de los primeros eran de radial, que suelen ser los más difíciles de evaluar por su reducido tamaño y la más frecuente presencia de *clips* metálicos.

La dosis de radiación es superior a la obtenida si el estudio se limita a la valoración del árbol coronario por TC, debido al mayor volumen adquirido (el doble aproximadamente de un estudio cardiaco convencional). Pese al empleo de la modulación de dosis, éstas siguen siendo altas, aunque con los nuevos protocolos de adquisición ahora disponibles y la introducción de nuevos tomógrafos se consigue una sustancial reducción. Aunque el riesgo de contraer cáncer aumenta con la dosis de radiación, disminuye significativamente con la edad, y en pacientes mayores de 65 años, como los de nuestra

TABLA 5. Estudios sobre la capacidad diagnóstica de la tomografía computarizada con detectores múltiples en la valoración no invasiva de lesiones significativas en los injertos aortocoronarios, vasos distales y coronarias nativas

Autor, año y referencia bibliográfica	TCMD	N.º de injertos (n pacientes)	Sensibilidad	Especificidad	Intervalo medio entre pruebas (días)
Schlosser et al, 2004 ¹⁸	16 detectores	131 (48)	96%	95%	4
Martuscelli et al, 2004 ¹⁹	16 detectores	285 (96)	97%	100%	20
Trigo et al, 2005 ¹⁶	16 detectores	98 (38)	92%	97,3%	28
Pache et al, 2006 ²⁰	64 detectores	96 (31)	97,8%	89,3%	4
Ropers et al, 2006 ¹³	64 detectores	138 (50)	100%	94%	3
Malagutti et al, 2007 ¹⁰	64 detectores	109 (52)	100%	98,3	7
Meyer et al, 2007 ²¹	64 detectores	418 (138)	97%	97%	NC
Dickers et al, 2007 ¹⁴	64 detectores	69 (34)	100%	99%	5
Feuchtner et al, 2007 ²²	64 detectores	70 (41)	85%	95%	14
Jabara et al, 2007 ²³	64 detectores	147 (50)	95%	100%	NC
Nazeri et al, 2009 ¹⁵	64 detectores	287 (89)	98%	97%	3
Serie propia, 2009	64 detectores	103 (36)	100%	97%	48
N.º de segmentos nativos/ vasos distales (n pacientes)					
Stauder et al, 2006 ¹²	16 detectores	260 (20)	77%	92%	1
Ropers et al, 2006 ¹³	64 detectores	566/378 (50)	86%/86%	76%/90%	3
Malagutti et al, 2007 ¹⁰	64 detectores	288/123 (52)	97%/88,8%	85,7%/93%	7
Onuma et al, 2007 ¹¹	64 detectores	749/144(54)	93,3%/70%	87,6%/91%	15
Dickers et al, 2007 ¹⁴	64 detectores	132 /ND (34)	80%	91%	5
Nazari et al, 2009 ¹⁵	64 detectores	674/ ND (89)	89%	94%	3
Serie propia, 2009	64 detectores	275/99 (36)	93,5%/85,7%	100%/96,6%	48

TCMD: tomografía computarizada multidetector.

serie, es pequeño. No obstante, es deseable irradiar menos²⁴.

Al realizar el estudio en condiciones de práctica clínica habitual, sólo se contó con un observador tanto para los exámenes de TC como de cateterismo, y por ello no se determinó la variabilidad entre observadores. Sólo se realizó estudio semi-cuantitativo (visual) de las lesiones, ya que, en el caso concreto de la TCMD, no disponemos actualmente de herramientas precisas para ello. Por el mismo motivo, tampoco es posible, a diferencia de la angiografía convencional, establecer de forma fiable diferencias más precisas en la severidad de las lesiones (< 50%, 50-75% y > 75%), aun asumiendo que su repercusión fisiopatológica puede ser distinta.

Otra limitación conocida del TC es que no permite diferenciar lesiones subtotales y oclusiones totales cortas en las que hay buen flujo colateral, y aunque las implicaciones terapéuticas sean diferentes, no fue el objetivo de nuestro análisis, en el que se han considerado en ambos casos las lesiones como estenosis significativas.

CONCLUSIONES

La TCMD es útil en la valoración de los injertos de los pacientes revascularizados en que se reinician los síntomas y puede ser útil antes de la angiografía

invasiva cuando no se dispone de información sobre la cirugía previa o ésta sea incompleta. La evaluación de pacientes revascularizados debe incluir el análisis de las coronarias nativas, lo que supone el mayor reto para esta modalidad diagnóstica. No obstante, como confirman nuestros resultados, el VPN sigue siendo muy elevado, por lo que la TCMD es útil para la exclusión de estenosis significativas en los vasos distales y vasos nativos no revascularizados, aunque con un VPP menor (66,7%), por lo se debe ser cauteloso en la identificación de estenosis significativas en vasos de reducido calibre o con calcificaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Brian AJ, Angelini GD. The biology of saphenous vein graft occlusion: etiology and strategies for prevention. *Curr Opin Cardiol.* 1994;9:642-9.
- Barner HB, Standeven JW, Reese J. Twelve-year experience with internal mammary artery for coronary artery bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1985;90:668-75.
- Cameron AA, Davis KB, Rogers WJ. Recurrence of angina after coronary artery bypass surgery; predictors and prognosis (CASS Registry). *Coronary Artery Surgery Study.* *J Am Coll Cardiol.* 1995;26:895-9.
- Alderman EL, Kip KE, Whitlow PL, Bashore T, Fortin D, Bourassa MG, et al. Native coronary disease progression exceeds failed revascularization as cause of angina after five years in the Bypass Angioplasty. *Revascularization Investigation (BARI).* *J Am Coll Cardiol.* 2004;44:766-74.

5. Bunce NH, Lorenz CH, John AS, Lesser JR, Mohiaddin RH, Pennell DJ. Coronary artery bypass graft patency: assessment with true fast imaging with steady-state precession versus gadolinium-enhanced MR angiography. *Radiology*. 2003;227:440-6.
6. Langerak SE, Vliegen HW, De Roos A, Zwinderman AH, Jukema JW, Kunz P, et al. Detection of vein graft disease using high resolution magnetic resonance angiography. *Circulation*. 2002;105:328-33.
7. Moncada R, Salinas M, Churchill R, Love L, Reynes C, Demos TC, et al. Patency of saphenous aortocoronary-bypass grafts demonstrated by computed tomography. *N Engl J Med*. 1980;303:503-5.
8. Achenbach S, Moshage W, Ropers D, Nossen J, Bachmann K. Non-invasive, three dimensional visualization of coronary artery bypass grafts by electron beam tomography. *Am J Cardiol*. 1997;79:856-61.
9. Ropers D, Ulzheimer S, Wenkel E, Baum U, Giesler T, Derlien H, et al. Investigation of aortocoronary artery bypass grafts by multislice spiral computed tomography with electrocardiographic-gated image reconstruction. *Am J Cardiol*. 2001;88:792-5.
10. Malagutti P, Nieman K, Meijboom WB, Van Mieghem CA, Pugliese F, Cademartiri F, et al. Use of 64-slice CT in symptomatic patients after coronary bypass surgery: evaluation of grafts and coronary arteries. *Eur Heart J*. 2007;28:1879-85.
11. Onuma Y, Tanabe K, Chihara R, Yamamoto H, Miura Y, Kigawa I, et al. Evaluation of coronary artery bypass grafts and native coronary arteries using 64-slice multidetector computed tomography. *Am Heart J*. 2007;154:519-26.
12. Stauder NI, Küttner A, Schröder S, Drosch T, Beck T, Stauder H, et al. Coronary artery bypass grafts: assessment of graft patency and native coronary artery lesions using 16-slice MDCT. *Eur Radiol*. 2006;27:967-80.
13. Ropers D, Pohle FK, Kuettner A, Pflederer T, Anders K, Daniel WG, et al. Diagnostic accuracy of non-invasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 220-ms gantry rotation. *Circulation*. 2006;114:2334-41.
14. Dickers R, Willems TP, Tio RA, Anthonio RL, Zijlstra F, Oudkerk M. The benefit of 64-MDCT prior to invasive coronary angiography in symptomatic post-CABG patients. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2007;23:369-77.
15. Nazeri I, Shahabi P, Tehrai M, Sharif-Kashani B, Nazeri A. Assessment of patients after coronary artery bypass grafting using 64-slice computed tomography. *Am J Cardiol*. 2009;103:667-73.
16. Trigo Bautista A, Estornell J, Ridocci F, Soriano CJ, Gudín M, Vilar JV, et al. Valoración no invasiva de injertos coronarios con tomografía computarizada: comparación con la angiografía convencional. *Rev Esp Cardiol*. 2005;58:807-14.
17. Austen WG, Edwards JE, Frye RL, Gensini GG, Gott VL, Griffith LS, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association. *Circulation*. 1975;51:5-40.
18. Schlosser T, Konorza T, Hunold P, Kühl H, Schmermund A, Barkhausen J. Noninvasive visualization of coronary artery bypass grafts using 16-detector-row computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44:1224-9.
19. Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A, Tomassini M, Razzini C, Sperandio M, et al. Evaluation of venous and arterial conduit patency by 16-slice spiral computed tomography. *Circulation*. 2004;110:3234-8.
20. Pache G, Saueressig U, Frydrychowicz A, Foell D, Ghanem N, Kotter E, et al. Initial experience with 64-slice cardiac CT: non-invasive visualization of coronary artery bypass grafts. *Eur Heart J*. 2006;27:976-80.
21. Meyer TS, Martinoff S, Hadamitzky M, Will A, Kastrati A, Schömig A, et al. Improved non-invasive assessment of coronary artery bypass grafts with 64-slice computed tomographic angiography in an unselected patient population. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49:946-50.
22. Feuchtner G, Schachner T, Bonatti J, Friedrich G, Soegner P, Klauser A, et al. Diagnostic performance of 64-slice computed tomography in evaluation of coronary artery bypass grafts. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;189:574-80.
23. Jabara R, Chronos N, Klein L, Eisenberg S, Allen R, Bradford S, et al. Comparison of multidetector 64-slice computed tomographic angiography to coronary angiography to assess the patency of coronary artery bypass grafts. *Am J Cardiol*. 2007;99:1529-34.
24. Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA*. 2007;298:317-23.