

Artículo original

# Impacto de la puntuación de calcio en la concordancia entre la tomografía computarizada con multidetectores y la coronariografía invasiva



José Alberto de Agustín<sup>a,\*</sup>, José Juan Gómez de Diego<sup>a</sup>, Pedro Marcos-Alberca<sup>a</sup>, Patricia Mahía<sup>a</sup>, José Luis Rodrigo<sup>a</sup>, María Luaces<sup>a</sup>, Iván Javier Núñez-Gil<sup>a</sup>, Joaquín Ferreiros<sup>b</sup>, Ana Bustos<sup>b</sup>, Beatriz Cabeza<sup>b</sup>, Miguel Ángel García-Fernández<sup>a</sup>, Carlos Macaya<sup>a</sup> y Leopoldo Pérez de Isla<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto Cardiovascular, Hospital Universitario San Carlos, Madrid, España

<sup>b</sup> Departamento de Radiología, Hospital Universitario San Carlos, Madrid, España

## Historia del artículo:

Recibido el 1 de septiembre de 2016

Aceptado el 4 de abril de 2017

On-line el 12 de octubre de 2017

## Palabras clave:

Puntuación de calcio

Tomografía computarizada

Angiografía coronaria

## RESUMEN

**Introducción y objetivos:** Está demostrado que la tomografía computarizada con multidetectores (TCMD) es una alternativa factible a la coronariografía invasiva (CI). Sin embargo, se han indicado resultados contradictorios sobre el efecto de la puntuación de calcio (PC) coronario en la precisión diagnóstica de la TCMD. El objetivo de este estudio es evaluar la concordancia entre la TCMD y la CI y evaluar la influencia de la PC en ella.

**Métodos:** Se incluyó a 266 pacientes consecutivos sometidos a evaluación por TCMD de 64 cortes y por CI. Se utilizó el *software* habitual para la PC mediante el método Agatston. Un observador clasificó cualitativamente y de manera enmascarada las estenosis como leve, moderada o grave, y se compararon con los resultados obtenidos por la CI, utilizada como método de referencia.

**Resultados:** La media de edad de los pacientes era  $65,4 \pm 11,2$  años, y 188 (70,3%) eran varones. Se evaluó cualitativamente y se cuantificó por TCMD un total de 484 segmentos con estenosis coronaria al menos leve. Las mediciones no invasivas concordaban con la CI en 402 estenosis (el 83,05%; kappa = 0,684), sin diferencias significativas entre vasos y sin una influencia estadística significativa de la PC en la concordancia (OR = 0,93; IC95%, 0,76-1,09; p = 0,21). La TCMD tuvo sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo altos en los análisis por segmento, por vaso y por paciente.

**Conclusiones:** La coronariografía no invasiva mediante TCMD mostró buena concordancia con la CI en la cuantificación cualitativa de las estenosis coronarias, y la PC no tuvo un impacto significativo en esa concordancia.

© 2017 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Impact of Calcium Score on Agreement Between Multidetector Computed Tomography and Invasive Coronary Angiography

## ABSTRACT

**Introduction and objectives:** Multidetector computed tomography (MDCT) has been demonstrated as a feasible alternative to invasive coronary angiography (ICA). However, contradictory results have been reported regarding the effect of coronary artery calcium score (CS) on the diagnostic accuracy of MDCT. Our aim was to assess the agreement of MDCT and ICA and to evaluate the influence of CS on this agreement.

**Methods:** We enrolled 266 consecutive patients who underwent evaluation with 64-slice MDCT and ICA. Standard CS software tools were used to calculate the Agatston score. Stenosis was qualitatively classified as mild, moderate, or severe by 1 blinded observer and the results were compared with those of ICA, which was used as the gold standard.

**Results:** The mean age of the patients was  $65.4 \pm 11.2$  years, and 188 patients (70.3%) were men. A total of 484 segments with coronary stenosis  $\geq$  mild were qualitatively evaluated and quantified with MDCT. Noninvasive measurements were concordant with ICA in 402 stenoses (83.05%; Kappa, 0.684), with no significant differences between vessels and with no statistically significant influence of CS on this agreement (OR, 0.93; 95%CI, 0.76-1.09; P = .21). Multidetector computed tomography had high sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value on a per-segment, per-vessel, and per-patient basis.

**Conclusions:** Non-ICA using MDCT showed good agreement with ICA in the qualitative quantification coronary stenosis and CS had no significant impact on this agreement.

Full English text available from: [www.revvespcardiol.org/en](http://www.revvespcardiol.org/en)

© 2017 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Keywords:

Calcium score

Computed tomography

Coronary angiography

\* Autor para correspondencia: Instituto Cardiovascular, Hospital Universitario San Carlos, Profesor Martín Lagos s/n, 28040 Madrid, España.  
Correo electrónico: [albertutor@hotmail.com](mailto:albertutor@hotmail.com) (J.A. de Agustín).

## Abreviaturas

CI: coronariografía invasiva  
 ECG: electrocardiograma  
 PC: puntuación de calcio  
 TCMD: tomografía computarizada multidetector

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha demostrado que la tomografía computarizada multidetector (TCMD) es una alternativa viable a la coronariografía invasiva (CI) que permite una evaluación no invasiva de las arterias coronarias<sup>1-4</sup>. Sin embargo, se han descrito resultados contradictorios por lo que respecta al efecto de la puntuación de calcio (PC) arterial coronario en la exactitud diagnóstica de la TCMD<sup>5,6</sup>. Con las primeras generaciones de escáneres de TCMD, se identificó que las calcificaciones coronarias graves son un factor importante que dificulta la evaluación precisa de la estenosis arterial coronaria y por lo tanto limita la exactitud diagnóstica. Las placas calcificadas producen artefactos (*blooming*) que pueden afectar a la evaluación de la obstrucción luminal<sup>7</sup>. Al mismo tiempo, la calcificación coronaria más amplia aumenta la probabilidad de que el paciente tenga una coronariopatía obstructiva<sup>8,9</sup>, y generalmente es necesaria la CI para un diagnóstico y un tratamiento definitivos. Los avances que se han realizado en la resolución temporal y espacial, sobre todo con la introducción de las hileras de 64 detectores, y la experiencia cada vez mayor en el empleo de estrategias para optimizar la calidad de la imagen han permitido obtener angiografías no invasivas de alta calidad en la mayoría de los pacientes. El objetivo del presente estudio es evaluar la validez y la concordancia de la TCMD y la CI en pacientes con enfermedad coronaria y determinar la influencia de la PC arterial coronario en la exactitud diagnóstica de la TCMD.

## MÉTODOS

### Población del estudio

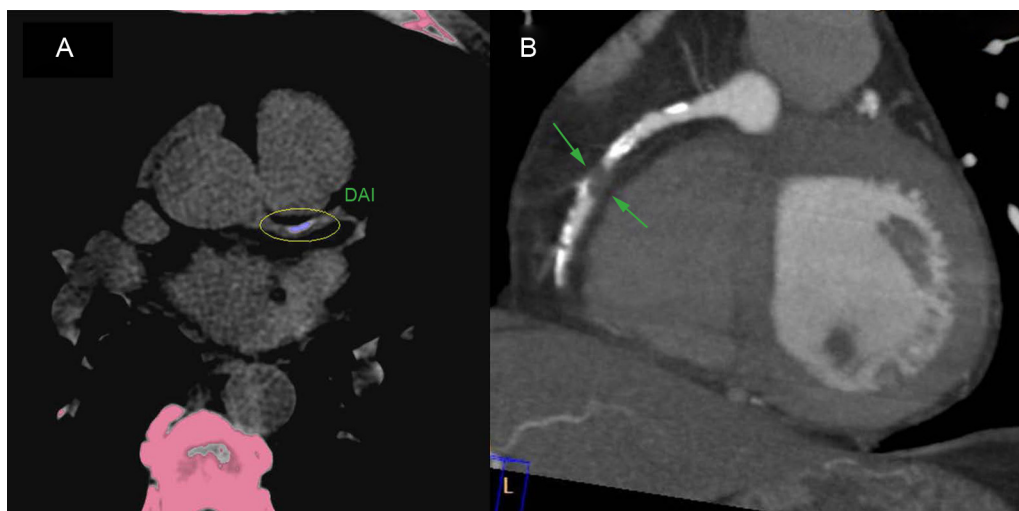
Se estudió a un total de 271 pacientes consecutivos a los que se exploró con TCMD de 64 cortes y después se sometieron a una CI; se excluyó a 5 pacientes por la insuficiente calidad de las imágenes (movimiento coronario, tamaño del vaso, artefactos de respiración) o por limitaciones técnicas de la exploración (exploración interrumpida, mala colocación del espacio de exploración, introducción del medio de contraste en un momento inadecuado o mal registro del electrocardiograma [ECG]), por lo que se dispuso de una muestra final de 266 pacientes. Se identificaron las características demográficas y clínicas, como edad, sexo, factores de riesgo cardiovascular (hipertensión, diabetes mellitus, hiperlipemia, tabaquismo), insuficiencia renal y enfermedad arterial periférica. Se definió insuficiencia renal como creatinina sérica > 1,3 mg/dl (115 μmol/l). Se excluyó a los pacientes con fibrilación auricular, insuficiencia renal significativa o antecedentes de alergia significativa a los medios de contraste yodados. Se excluyó también a los pacientes con antecedentes documentados de enfermedad coronaria obstructiva. En todos los casos el médico del paciente tomó la decisión de realizar las exploraciones mediante CI y TCMD basándose en la edad, los factores de riesgo de enfermedad coronaria y la gravedad o la persistencia de los síntomas. Todos los pacientes dieron su consentimiento informado por escrito para la CI y la TCMD.

## Tomografía computarizada multidetector

Los datos de TCMD se obtuvieron utilizando el escáner de 64 cortes Brilliance (Philips Medical Systems; Best, Países Bajos). Antes de los exámenes de PC y TCMD, se monitorizaron la frecuencia cardíaca y la presión arterial. Si no había contraindicaciones, se administraba a los participantes propanolol (5-15 mg por vía intravenosa) si la frecuencia cardíaca en reposo era > 65 lpm. Todos los participantes estaban en ritmo sinusal. La frecuencia cardíaca en el conjunto de participantes fue de entre 45 y 77 lpm (promedio, 62 ± 6 lpm) con o sin premedicación. Se utilizó sistemáticamente nitroglicerina sublingual 1 min antes de la TCMD para dilatar las arterias coronarias. Las exploraciones de imagen se realizaron con los participantes en decúbito supino. Se les indicó que aguantaran la respiración en fase inspiratoria y durante ella se obtuvieron los datos de TCMD y el trazado del ECG. La exploración incluyó desde la bifurcación traqueal hasta 1 cm por debajo de la cara diafragmática del corazón. En primer lugar, se realizó una exploración sincronizada con el ECG, sin medio de contraste, con objeto de determinar la PC. Después de una secuencia exploratoria (*scout*), se inyectó un volumen de 80-120 ml de medio de contraste (iopamidol 370 mg/ml, Bracco) por vía intravenosa, a través de un catéter de calibre 18 colocado en la vena antecubital, a una velocidad de inyección de 5 ml/s y controlada con una técnica de seguimiento del bolo, seguido de un bolo de 50 ml de solución salina. La exploración se inició automáticamente a los 5 s de haberse alcanzado un umbral predefinido de 140 HU en la raíz aórtica. La exploración se realizó a 120 kV, con una corriente efectiva del tubo de 600-1.000 mA, una colimación de los cortes de 64 × 0,625 mm en la adquisición, un tiempo de rotación del *gantry* de 0,4 s y un factor de paso de 0,2. La reconstrucción de la imagen se realizó sistemáticamente con el método retrospectivo de sincronización con el ECG. Se utilizó un método prospectivo de sincronización con el ECG mediante el protocolo de «*step-and-shoot*» únicamente con los pacientes delgados que tenían una frecuencia cardíaca < 65 lpm. En este estudio, el 67,4% de las exploraciones de TCMD fueron retrospectivas y el 32,6%, prospectivas. La dosis efectiva de la TCMD se estimó mediante el producto de dosis-longitud y un factor de pesaje de órganos ( $[k = 0,017 \text{ mSv} \times (\text{mGy} \times \text{cm})^{-1}]$ ) con el tórax como región anatómica en estudio.

### Procesado y análisis de la imagen

El posprocesado de los exámenes de PC y de TCMD se llevó a cabo en estaciones de trabajo destinadas a este fin específico (Philips Extended Brilliance Workspace). En cada examen, se determinó una PC empleando los métodos de Agatston et al.<sup>10</sup>. La PC coronario se determinó sin contraste mediante el programa informático semiautomático HeartBeat CS (Philips Medical Systems), que muestra coloreadas manchas de calcio para que el operador marque manualmente el calcio y calcula automáticamente la suma de todas las manchas en una PC (figura). Se calculó una PC para cada segmento coronario epicárdico y se registró como la puntuación combinada (es decir, total o sumada) del conjunto del sistema coronario epicárdico (tronco coronario, descendente anterior, circunfleja y coronaria derecha). Se examinaron las TCMD con contraste para determinar en todos los segmentos disponibles la presencia de estrechamientos de la luz coronaria que causaran obstrucción. Las exploraciones de angio-TCMD se examinaron usando cortes axiales, reconstrucciones multiplanares curvas y proyecciones de intensidad máxima (figura). Las arterias coronarias se dividieron en 17 segmentos según las recomendaciones de la *American Heart Association* modificadas<sup>11</sup>. Cada vaso se analizó como mínimo en 2 planos, 1 paralelo y 1 perpendicular al trayecto del vaso. Se llevó a cabo una evaluación semicuantitativa de todos



**Figura.** A: ejemplo de obtención de la puntuación de calcio coronario. B: TCMD con contraste que muestra una estenosis luminal intensa en la arteria coronaria derecha (flechas). DAI: arteria descendente anterior izquierda; TCMD: tomografía computarizada multidetector.

los segmentos del árbol arterial coronario, y se estimó la gravedad de la estenosis mediante el cociente de la luz mínima con contraste respecto a la luz de referencia normal de una parte distal no afectada. La estenosis coronaria grave se definió como una reducción > 70% del diámetro de la luz; la moderada, como una reducción del 50-70%, y la leve, como una reducción < 50%. Las imágenes se analizaron mediante el consenso de un radiólogo experimentado y un cardiólogo, a los que se ocultó la historia clínica del paciente. Las discrepancias se resolvieron tras revisión conjunta y debate.

### Análisis estadístico

Las variables continuas se presentan en forma de media  $\pm$  desviación estándar; las variables discretas se presentan mediante frecuencias absolutas y porcentajes. La normalidad de la distribución de las variables se determinó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las diferencias entre los grupos se analizaron mediante la prueba de la t de Student para las variables continuas o la prueba de la  $\chi^2$  para las variables discretas. Se analizó la sensibilidad, la especificidad, y los valores predictivos positivo y negativo de la TCMD por segmentos, por vasos y por pacientes. Se utilizó el índice kappa para evaluar la concordancia entre la TCMD y la CI. Se utilizó la prueba de la  $\chi^2$  para evaluar las diferencias entre los vasos en cuanto a la concordancia de la TCMD con la CI. Se utilizó un análisis de regresión logística condicional para analizar la influencia de la PC (como variable cuantitativa) en la concordancia entre la TCMD y la CI (como variable cualitativa: sí o no), en el que se incluyeron los 484 segmentos con estenosis coronaria. Se determinó la exactitud diagnóstica de la TCMD en comparación con la de CI por segmentos, por vasos y por pacientes. Para evaluar el efecto de la variabilidad y la reproducibilidad del observador, un segundo observador independiente analizó 50 segmentos seleccionados al azar. La variabilidad intraobservador se evaluó comparando las mediciones realizadas por el mismo observador con un intervalo de más de 1 semana entre ellas. Se ocultaron a ambos evaluadores las mediciones previas. Se consideró estadísticamente significativo un valor de p bilateral < 0,05. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 17.0 (SPSS Inc.; Chicago, Illinois, Estados Unidos).

### RESULTADOS

La media de edad de los pacientes era  $65,4 \pm 11,2$  años, y 188 (70,7%) eran varones. Todas las exploraciones de TCMD

se llevaron a cabo sin complicaciones. El promedio estimado de exposición efectiva a radiación fue de  $1,3 \pm 0,5$  mSv con la PC y  $10,2 \pm 4,3$  mSv con la angio-TCMD coronaria. La dosis efectiva media de las exploraciones sincronizadas con ECG fue de  $4,5 \pm 2,3$  mSv. La PC total de los 266 pacientes osciló entre 0 y 1.623,1 y el promedio de la PC fue de  $916,0 \pm 376$ . Un total de 484 segmentos con estenosis coronaria al menos leve se evaluaron cualitativamente y se cuantificaron mediante TCMD. Las mediciones no invasivas mostraron concordancia con la CI en 402 estenosis (83,05%;  $\kappa = 0,684$ ), y discordaron en 82 estenosis. De estas 82 estenosis, 15 (18%) se debían a una calcificación intensa que impedía una visualización adecuada de la luz. No hubo diferencias significativas entre los vasos por lo que respecta a la concordancia de la TCMD con la CI ( $\chi^2$ ,  $p = 0,29$ ) (tabla 1). El promedio de los valores de PC fue de  $885 \pm 312$  en los casos de concordancia entre la TCMD y la CI, y  $1.068 \pm 396$  en los casos de discordancia, sin que hubiera diferencias significativas en la prueba de la t de Student ( $p = 0,22$ ). En el análisis de regresión logística condicional, no se observó una influencia significativa de la PC (como variable cuantitativa) en la concordancia entre la TCMD y la CI (como variable cualitativa: sí o no) ( $n = 484$ ; odds ratio [OR] = 0,93; intervalo de confianza del 95% [IC95%], 0,76-1,09;  $p = 0,21$ ). En la tabla 2 se muestra la concordancia entre la TCMD y la CI estratificada por grupos de PC. La PC influía ligeramente en la concordancia entre la TCMD y la CI, pero no se demostró una diferencia estadísticamente

**Tabla 1**

Concordancia entre la TCMD y la CI según el vaso sanguíneo. La prueba de la  $\chi^2$  no mostró diferencias significativas entre los vasos en cuanto a esta concordancia ( $p = 0,29$ )

Arteria coronaria (número de estenosis)	Concordancia con angio-TCMD de 64 cortes (%)	Kappa
Tronco común (n = 42)	85,7	0,775
Descendente anterior proximal (n = 78)	84,5	0,714
Descendente anterior media (n = 106)	83,9	0,685
Circunfleja proximal (n = 46)	78,6	0,611
Circunfleja media (n = 36)	84,4	0,709
Coronaria derecha proximal (n = 68)	79,6	0,613
Coronaria derecha media (n = 71)	82,6	0,660
Coronaria derecha distal (n = 37)	86,8	0,705
Total (n = 484)	83,05	0,684

CI: coronariografía invasiva; TCMD: tomografía computarizada multidetector.

**Tabla 2**

Concordancia entre la TCMD y la CI según los grupos de PC. La prueba de la  $\chi^2$  no mostró diferencias significativas entre los grupos de PC en esta concordancia ( $p = 0,18$ )

Puntuación de calcio	Concordancia con angio-TCMD (%)	Kappa
< 100 (n = 22)	85,7	0,721
100-400 (n = 51)	84,5	0,703
400-800 (n = 252)	82,9	0,672
> 800 (n = 159)	79,9	0,654

CI: coronariografía invasiva; PC: puntuación de calcio; TCMD: tomografía computarizada multidetector.

significativa en los 4 grupos de PC ( $p = 0,18$ ). En el examen por segmentos, la sensibilidad, la especificidad y los valores predictivos positivo y negativo de la angio-TCMD fueron del 96,5, el 77,7, el 90,3 y el 95,3% respectivamente; en el examen por vasos, fueron del 97,8, el 75,3, el 89,6 y el 96,4%; en el examen por pacientes, del 98,8, el 74,6, el 88,8 y el 97,6%. Se obtuvieron buenas concordancias intraobservador e interobservador, con coeficientes de correlación intraclase de 0,95 y 0,91 respectivamente.

## DISCUSIÓN

Los principales resultados del presente estudio son que la coronariografía no invasiva mediante TCMD de 64 cortes muestra buena concordancia con la CI en la cuantificación cualitativa de la PC, sin diferencias significativas entre los vasos, y que la PC no tiene una influencia significativa en esa concordancia. Este estudio tiene consecuencias clínicas importantes y, a la vista de nuestros resultados, la TCMD podría utilizarse en pacientes con PC alta utilizando la tecnología actual.

El calcio arterial coronario está estrechamente correlacionado con la formación de la placa aterosclerótica y, por consiguiente, es un marcador sensible de la aterosclerosis existente<sup>12-15</sup>. Diversos estudios han confirmado que la PC es una prueba muy sensible para identificar las placas ateroscleróticas coronarias y la afección «significativa» de la luz coronaria, con alto valor predictivo negativo<sup>16-19</sup>. Se ha demostrado que la PC tiene valor predictivo de eventos cardiovasculares mayores y que modifica el riesgo cardiovascular predicho por la puntuación de riesgo de Framingham, en especial en el grupo de riesgo intermedio<sup>20-23</sup>. La PC puede ser útil para determinar qué pacientes podrían obtener más beneficio con el tratamiento farmacológico, como la medicación hipocolesterolemizante. En nuestro estudio, los factores de riesgo cardiovascular tradicionales no tuvieron valor predictivo de las PC. Esta observación podría explicar que el valor de la PC predictivo de eventos cardiovasculares mayores fuera superior al de los factores de riesgo cardiovascular tradicionales. La PC tiene también algunas ventajas adicionales; su realización e interpretación requiere aproximadamente 5 min, se determina sin el empleo de contraste y es una exploración con poca irradiación<sup>24,25</sup>.

La presencia de calcio causa problemas para la interpretación correcta de la angio-TCMD coronaria. El calcio crea artefactos de *blooming*, con lo que se dificulta la visualización de la placa no calcificada subyacente o de la luz. El calcio tiende a sobrestimar la gravedad de las lesiones adyacentes, como consecuencia del propio efecto de *blooming* o debido a que, ante las dudas o el temor de que «pase inadvertida» una estenosis significativa, se adopta una postura «defensiva» al determinar la puntuación. Con la primera generación de escáneres de TCMD, se ha identificado que las calcificaciones coronarias son un factor importante que dificulta la evaluación precisa de las estenosis arteriales coronarias, lo cual limita la exactitud diagnóstica<sup>26,27</sup>. Al mismo tiempo, una calcificación coronaria más amplia aumenta la probabilidad de

que el paciente tenga una enfermedad coronaria obstructiva<sup>8,9</sup>. Los avances en la resolución temporal y espacial y en especial la introducción de la TCMD de 64 cortes han permitido realizar coronariografías no invasivas de gran calidad. Los escáneres más modernos permiten un examen rápido de la anatomía cardíaca, requieren una cooperación mínima del paciente (aguantar la respiración durante un breve periodo) y aportan una mejor calidad de imagen (mejor resolución espacial y temporal) y una alta exactitud diagnóstica<sup>28-32</sup>. Sin embargo, el principal objetivo de la TCMD no es reemplazar a la CI, y estos 2 instrumentos diagnósticos son complementarios. Las innovaciones introducidas en el proceso de exploración de la TC podrían reducir en el futuro la importancia del calcio. Actualmente, no existe un consenso sólido respecto al grado de calcificación coronaria que impide realizar una angio-TCMD coronaria técnicamente adecuada. Además, la PC es algo engañosa, ya que el calcio distribuido por todo el árbol coronario haría que la interpretación de una exploración con TCMD fuera relativamente fácil, mientras que 1 sola placa intensamente calcificada haría que la interpretación fuera dudosa. La TCMD coronaria puede aportar información útil a pesar de la presencia de una calcificación coronaria amplia, en especial en los pacientes con frecuencia cardíaca baja y peso corporal bajo o moderado. Así pues, es el médico encargado del paciente quien toma la decisión de realizar una angio-TCMD en presencia de una PC coronario elevada.

## Limitaciones

El presente estudio tiene ciertas limitaciones. En primer lugar, es un estudio descriptivo y retrospectivo llevado a cabo en un solo centro. En segundo lugar, la TCMD se limita a la visualización anatómica de la estenosis y no aporta información sobre la trascendencia funcional de una lesión. En tercer lugar, no se realizó una angiografía coronaria cuantitativa y la evaluación de las estenosis fue semicuantitativa tanto con CI como con TCMD. Además, las CI no se realizaron sistemáticamente, sino que con base en el resultado de la TCMD, lo cual implica un sesgo. Así pues, estos resultados pueden tenerse en cuenta solo en contextos similares a los del presente estudio. El análisis de regresión logística condicional simple (utilizado para evaluar el impacto de la PC en la concordancia entre la TCMD y la CI) no descarta la posibilidad de que los resultados se deban al azar. Además, puede faltar potencia estadística, lo que podría influir en los resultados del presente estudio. La ausencia de indicadores de isquemia correlacionados en las pruebas de esfuerzo limitó la relevancia clínica de los resultados. En este estudio no se evaluó el patrón de los depósitos de calcio. Las calcificaciones extensas de la pared arterial siguen dificultando la evaluación vascular, pero hubo que excluir del análisis ninguno de los segmentos. Una limitación general de todos los métodos de puntuación es que la carga total de calcio no refleja bien la distribución de las calcificaciones en el árbol arterial coronario. Una única placa calcificada grande en un segmento vascular proximal puede afectar a la interpretación de la imagen peor que múltiples zonas pequeñas con una distribución amplia. Se necesitarán nuevos estudios para determinar la evaluabilidad de las exploraciones de TCMD por lo que respecta a los patrones de distribución y la morfología de las placas.

## CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que la coronariografía no invasiva mediante TCMD de 64 cortes presenta buena concordancia con la CI en la cuantificación cualitativa de la estenosis coronaria, sin que la PC tenga una influencia importante en esta concordancia. Este estudio tiene consecuencias clínicas importantes y, a la vista de



nuestros resultados, la TCMD podría utilizarse en pacientes con una PC elevada utilizando la tecnología actual.

## CONFLICTO DE INTERESES

No se declara ninguno.

### ¿QUÉ SE SABE DEL TEMA?

- Con las primeras generaciones de escáneres de TCMD, se identificó que las calcificaciones coronarias graves eran un factor importante que dificulta la evaluación precisa de la estenosis arterial coronaria y por lo tanto limita la exactitud diagnóstica.
- Las placas calcificadas producen artefactos (*blooming*) que pueden afectar a la evaluación de la obstrucción luminal.

### ¿QUÉ APORTA DE NUEVO?

- Los principales resultados del presente estudio son que la coronariografía no invasiva mediante TCMD de 64 cortes muestra buena concordancia con la CI en la cuantificación cualitativa de la estenosis coronaria y que la PC no tiene una influencia significativa en esa concordancia.
- Este estudio tiene consecuencias clínicas importantes y, a la vista de nuestros resultados, la TCMD podría utilizarse en pacientes con una PC elevada utilizando la tecnología actual.

## BIBLIOGRAFÍA

- Achenbach S, Giesler T, Ropers D, et al. Detection of coronary artery stenoses by contrast enhanced, retrospectively electrocardiographically-gated, multislice spiral computed tomography. *Circulation*. 2001;103:2535–2538.
- Schuijff JD, Bax JJ, Shaw LJ, et al. Meta-analysis of comparative diagnostic performance of magnetic resonance imaging and multi-slice computed tomography for non-invasive coronary angiography. *Am Heart J*. 2006;151:404–411.
- Leschka S, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J*. 2005;26:1482–1487.
- Mollet NR, Cademartiri F, Van Mieghem CA, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation*. 2005;112:2318–2323.
- Kuettner A, Burgstahler C, Beck T, et al. Coronary vessel visualization using true 16-row multislice computed tomography technology. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2005;21:331–337.
- Hoffmann U, Moselewski F, Cury RC, et al. Predictive value of 16-slice multidetector spiral computed tomography to detect significant obstructive coronary artery disease in patients at high risk for coronary artery disease: patient-versus segment-based analysis. *Circulation*. 2004;110:2638–2643.
- Achenbach S. Computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48:1919–1928.
- Rumberger JA, Simons DB, Fitzpatrick LA, Sheedy PF, Schwartz RS. Coronary artery calcium area by electron-beam computed tomography and coronary atherosclerotic plaque area. A histopathologic correlative study. *Circulation*. 1995;92:2157–2162.
- De Agustín JA, Marcos-Alberca P, Fernández-Golfín C, et al. Should computed tomography coronary angiography be aborted when the calcium score exceeds a certain threshold in patients with chest pain? *Int J Cardiol*. 2013;167:2013–2017.
- Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte Jr M, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 1990;15:827–832.
- Raff GL, Abidov A, Achenbach S, et al. SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary computed tomographic angiography. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2009;3:122–136.
- McCarthy JH, Palmer FJ. Incidence and significance of coronary artery calcification. *Br Heart J*. 1974;36:499–506.
- Rifkin RD, Parisi AF, Folland E. Coronary calcification in the diagnosis of coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 1979;44:141–147.
- Frink RJ, Achor RW, Brown AL, Kincaid JW, Brandenburg RO. Significance of calcification of the coronary arteries. *Am J Cardiol*. 1970;26:241–247.
- Blankenhorn DH, Stern D. Calcification of the coronary arteries. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1959;81:772–777.
- Rumberger JA, Sheedy PF, Breen JF, Schwartz RS. Electron beam computed tomographic coronary calcium score cutpoints and severity of associated angiographic lumen stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 1997;29:1542–1548.
- Schmermund A, Denktas AE, Rumberger JA, et al. Independent and incremental value of coronary artery calcium for predicting the extent of angiographic coronary artery disease: comparison with cardiac risk factors and radionuclide perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol*. 1999;34:777–786.
- Budoff MJ, Diamond GA, Raggi P, et al. Continuous probabilistic prediction of angiographically significant coronary artery disease using electron beam tomography. *Circulation*. 2002;105:1791–1796.
- Haberl R, Becker A, Leber A, et al. Correlation of coronary calcification and angiographically documented stenoses in patients with suspected coronary artery disease: results of 1,764 patients. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37:451–457.
- Budoff MJ, Shaw LJ, Liu ST, et al. Long-term prognosis associated with coronary calcification. Observations from a registry of 25,253 patients. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49:1860–1870.
- Detrano R, Guerci AD, Carr JJ, et al. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N Engl J Med*. 2008;358:1336–1345.
- Greenland P, LaBree L, Azen SP, Doherty TM, Detrano RC. Coronary artery calcium score combined with Framingham score for risk prediction in asymptomatic individuals. *JAMA*. 2004;291:210–215.
- Wayhs R, Zelinger A, Raggi P. High coronary artery calcium scores pose an extremely elevated risk for hard events. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39:225–230.
- Hunold P, Vogt FM, Schmermund A, et al. Radiation exposure during cardiac CT: effective doses at multi-detector row CT and electron-beam CT. *Radiology*. 2003;226:145–152.
- Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, et al. Ionizing Radiation in Cardiac Imaging: A Science Advisory From the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. *Circulation*. 2009;119:1056–1065.
- Pundziute G, Schuijff JD, Jukema JW, et al. Impact of coronary calcium score on diagnostic accuracy of multislice computed tomography coronary angiography for detection of coronary artery disease. *J Nucl Cardiol*. 2007;14:36–43.
- Cordeiro MA, Miller JM, Schmidt A, et al. Non-invasive half millimetre 32 detector row computed tomography angiography accurately excludes significant stenoses in patients with advanced coronary artery disease and high calcium scores. *Heart*. 2006;92:589–597.
- Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, Goldstein JA. Diagnostic accuracy of non-invasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:552–557.
- Pugliese F, Mollet NR, Runza G, et al. Diagnostic accuracy of non-invasive 64-slice CT coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *Eur Radiol*. 2006;16:575–582.
- Vanhoeacker PK, Heijnenbrok-Kal MH, Van Heste R, et al. Diagnostic performance of multidetector CT angiography for assessment of coronary artery disease: meta-analysis. *Radiology*. 2007;244:419–428.
- Andreini D. Dual Energy Coronary Computed Tomography Angiography for Detection and Quantification of Atherosclerotic Burden: Diagnostic and Prognostic Significance. *Rev Esp Cardiol*. 2016;69:885–887.
- Marcus R, Ruff C, Burgstahler C, et al. Recent Scientific Evidence and Technical Developments in Cardiovascular Computed Tomography. *Rev Esp Cardiol*. 2016;69:509–514.