

Coronariografía mediante tomografía computarizada multicorte: ¿en el candelero?

Pim J. de Feyter y Willem B. Meijboom

Departamento de Radiología y Cardiología. Hospital Universitario de Rotterdam. Rotterdam. Países Bajos.

La coronariografía mediante tomografía computarizada multicorte (TCMC) es una emergente herramienta diagnóstica no invasiva y clínicamente fiable que permite detectar las estenosis coronarias significativas (diámetro luminal > 50%). La precisión diagnóstica de la TCMC es elevada, pero en este momento la coronariografía con TCMC todavía debe ser considerada, básicamente, como una herramienta de investigación para su aplicación en pacientes seleccionados. La coronariografía con TCMC puede ser una alternativa a la coronariografía diagnóstica, especialmente para excluir la presencia de una enfermedad coronaria significativa. Los problemas que todavía se deben resolver son: las calcificaciones coronarias intensas, que dan lugar a una sobrestimación de la severidad de la estenosis; las arritmias, que impiden su aplicación, y la exposición a una radiación relativamente elevada que conlleva la técnica. Los avances técnicos esperados mejorarán la precisión diagnóstica de la coronariografía con TCMC, que se convertirá en una alternativa viable a la coronariografía mediante catéter.

Palabras clave: Coronariopatía. Tomografía computarizada. Coronariografía.

Multislice Computed Tomography Coronary Angiography: Prime Time?

Multi-Slice Computed Tomography (MSCT) coronary angiography is emerging as a non-invasive clinically reliable diagnostic tool to detect significant (luminal diameter > 50%) coronary stenosis. The diagnostic accuracy of MSCT is high, but at this point in time, MSCT coronary angiography should be regarded mainly as a research tool and in selected patients MSCT coronary angiography may be an alternative to diagnostic coronary angiography, in particular to exclude the presence of significant coronary disease. Problems that should be resolved are: severe coronary calcifications causing overestimation of severity of stenosis, arrhythmias precluding use of MSCT and the relatively high radiation exposure. Expected technical advances will improve the diagnostic accuracy of MSCT coronary angiography to become a viable alternative to catheter coronary angiography.

Key words: Coronary artery disease. Computed tomography. Coronary angiography.

Full English text available at: www.revespcardiol.org

INTRODUCCIÓN

Recientemente, la coronariografía mediante tomografía computarizada multicorte (TCMC) con contraste se ha convertido en una modalidad diagnóstica no invasiva de gran potencia para visualizar las arterias coronarias y para detectar estenosis coronarias significativas.

Las imágenes, en ocasiones sorprendentes, especialmente en lo que se refiere a las imágenes tridimensionales

de representación volumétrica correspondientes al corazón y a las arterias coronarias, son tan ilustrativas y convincentes que representan un fuerte incentivo para que cardiólogos y radiólogos consideren la adquisición del nuevo escáner 64 TC (tomografía computarizada) como el nuevo equipo «necesario». Este interés también ha sido estimulado por las campañas publicitarias de los escáneres TC llevadas a cabo por parte de las compañías comerciales implicadas, con un gran poder de sugestión y persuasión, para que los profesionales adquieran un escáner TC para su aplicación directa en la práctica clínica diaria. A pesar de que todavía no se ha determinado el lugar real que puede ocupar la coronariografía TC en la cardiología clínica, las posibilidades de los escáneres TC han desencadenado un debate intenso entre cardiólogos y radiólogos

Correspondencia: Dr. P.J. de Feyter.
University Hospital Rotterdam. Department of Radiology and Cardiology.
Thoraxcenter Ba 591.
P.O. Box 2040. 3000 CA Rotterdam. The Netherlands.
Correo electrónico: p.j.defeyter@erasmusmc.nl

respecto al liderazgo idóneo (con la consiguiente rentabilidad económica) de las técnicas de imagen cardíacas mediante TC. En este artículo editorial se revisan los datos publicados y se colocan en una perspectiva correcta las expectativas generadas, a menudo excesivas.

Situación actual de la coronariografía TCMC: escáneres TC de 4 a 16 cortes

Las publicaciones iniciales relativas a los escáneres TC de 4 cortes presentaron resultados prometedores para la detección no invasiva de estenosis coronarias significativas¹⁻¹⁰. Sin embargo, la técnica todavía estaba demasiado limitada como para que pudiera detectar fiablemente las estenosis coronarias debido a que: *a*) el tiempo de adquisición y, por tanto, el tiempo de mantenimiento de la respiración por parte del paciente era excesivo (30-40 s), lo que daba lugar a artefactos por el movimiento respiratorio; *b*) la resolución temporal era demasiado prolongada (velocidad de rotación del tubo de 500 ms, con la resolución temporal resultante de 250 ms), lo que daba lugar a artefactos por el movimiento cardíaco, y finalmente *c*) la resolución espacial también era limitada, sobre todo en el eje Z. Todos estos factores hacían que aproximadamente el 20-30% de los segmentos coronarios no pudiera ser correctamente evaluado.

El escáner TCMC de 16 cortes constituyó una mejora significativa en términos de resolución temporal (210 ms) y espacial (resolución en el mismo plano de aproximadamente 0,4 × 0,4 mm, con un grosor de corte mínimo de 0,75 mm), mientras que el nuevo diseño del tubo (con mayor potencia) ofrecía una mejor relación señal/ruido. Los estudios comparativos con angiografía invasiva han demostrado que el rendimiento diagnóstico de la coronariografía TCMC de 16 cortes es mayor para la detección de las estenosis coronarias significativas, con sensibilidades que oscilan entre el 63 y el 98%, y especificidades entre el 95 y el 98%

(tabla 1)¹¹⁻²⁰. La evaluación conjunta de todos los resultados obtenidos en estos estudios revela una sensibilidad y una especificidad medias del 87 y del 96%, respectivamente. Esto se alcanza evaluando aproximadamente el 90% de todos los segmentos coronarios, mientras que el 10% de éstos no es susceptible de análisis debido a los artefactos de movimiento o a la presencia de una intensa calcificación. Estas limitaciones hacen que la técnica de TC de 16 cortes no sea fiable para su aplicación clínica. Además, hay que destacar el hecho de que las sensibilidades y especificidades observadas se han referido a los segmentos coronarios proximales, intermedios y distales de mayor calibre, con diámetros lumbales > 1,5-2 mm.

Escáner TC de 64 cortes: la generación más reciente

En la tecnología TC se han introducido avances técnicos significativos a una velocidad sin precedentes que han permitido durante los últimos años culminar con la producción de un escáner TC de 64 cortes que, hoy en día, puede utilizarse para la evaluación clínica y que es ofrecido por diversas compañías (Siemens, Philips, General Electric y Toshiba). Los escáneres TC de 64 cortes ofrecidos por estas compañías muestran ligeras diferencias en cuanto a diseño y configuración, pero todos ellos ofrecen una elevada resolución temporal y espacial, así como una rápida cobertura de todo el corazón con tiempos de adquisición que van desde 6 a 12 s.

En nuestro departamento se ha evaluado el rendimiento diagnóstico de un escáner TC de 64 cortes (Siemens, Forchheim, Alemania) (figs. 1-3). Se ha estudiado a 51 pacientes (predominantemente, varones) con una edad media de 61 años. En nuestro estudio se incluyeron todos los segmentos clínicamente relevantes del árbol coronario completo y sólo se excluyeron del análisis los segmentos más pequeños, con < 1 mm de diámetro (ramas muy distales y ramas

TABLA 1. Rendimiento diagnóstico de la tomografía computarizada multicorte de 16 cortes para la detección de estenosis > 50%

Autor, año y referencia bibliográfica	Pacientes (n)	Segmentos analizables (%)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)
Kuettner et al (2004) ¹¹	60	–	72	97
Mollet et al (2004) ¹²	128	100	92	95
Martuscelli et al (2004) ¹³	64	84	89	98
Hoffmann et al (2004) ¹⁴	33	83	63	96
Paul et al (2004) ¹⁵	29	96	86	99
Leta et al (2004) ¹⁶	31	88	75	91
Hoffmann et al (2005) ²⁰	102	95,6	95	98
Kuettner et al (2005) ¹⁷	72	93	82	98
Mollet et al (2005) ¹⁸	51	100	95	98
Schuijff et al (2005) ¹⁹	45	94	98	97
Resultados acumulados	615	91	88 (896/1.023)	97 (5.759/51.973)

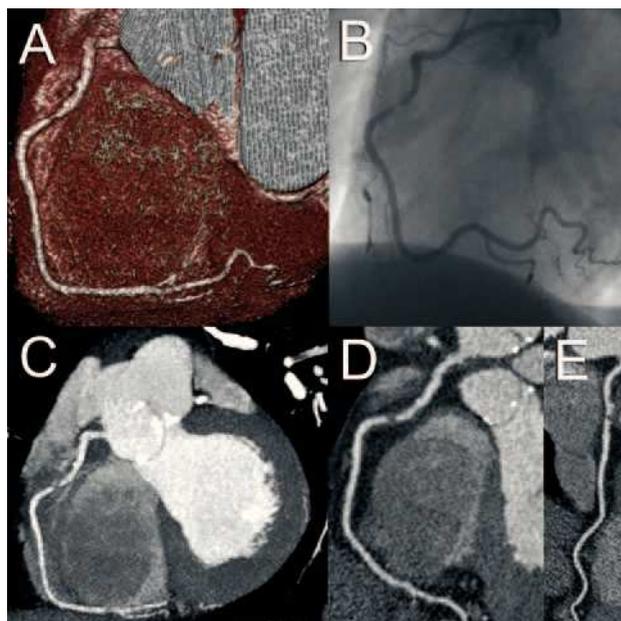


Fig. 1. Imágenes de tomografía computarizada con reconstrucción volumétrica (*volume-rendered*) (A) y proyección de intensidad máxima (C), y 2 imágenes ortogonales curvas con reconstrucción multiplano (D, E), en las que se observa una lesión focal no calcificada significativa en la parte proximal de la arteria coronaria derecha, confirmada en la coronariografía convencional (B).

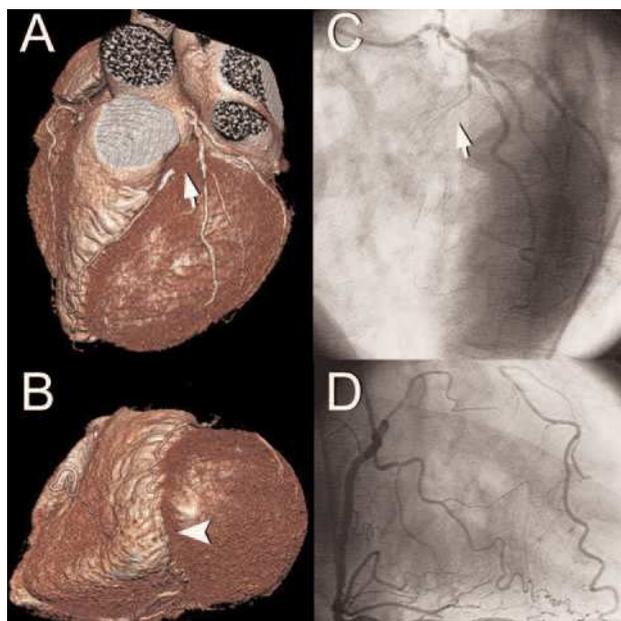


Fig. 2. Imágenes de tomografía computarizada multicorte con reconstrucción volumétrica (A, B) que proporcionan una visión general tridimensional de la arteria coronaria izquierda y muestran una oclusión crónica en la arteria coronaria descendente anterior (flecha) con relleno colateral (cabeza de flecha) por parte de la arteria coronaria descendente posterior, confirmada en la coronariografía convencional.

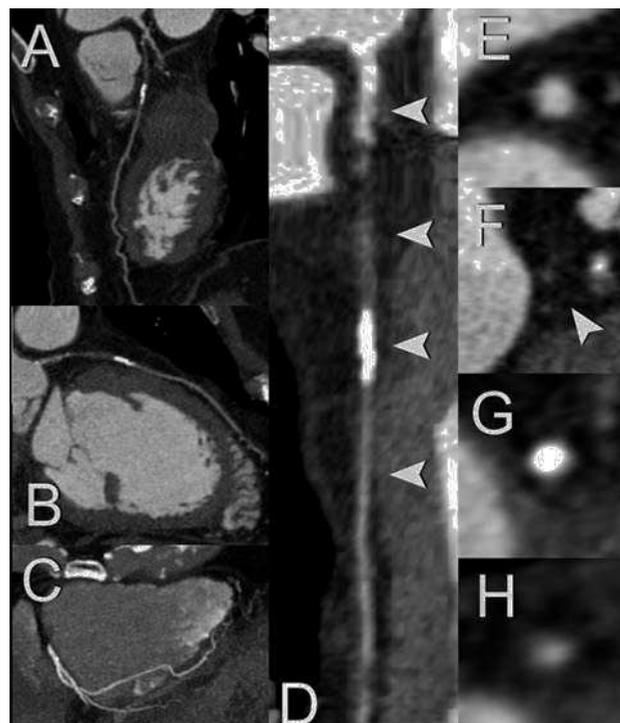


Fig. 3. Imágenes de tomografía computarizada ortogonales curvas con reconstrucción multiplano (A, B) en las que se observa una oclusión en la trayectoria de la arteria descendente anterior. Una imagen de tomografía computarizada en proyección de intensidad máxima (C) indica la presencia de una arteria colateral que se origina a partir de la descendente posterior desde el ápex, con dirección hacia la parte distal de la arteria descendente anterior, lo que clarifica la potenciación luminal distal a la oclusión total crónica (OTC). Tras la creación de una línea luminal central tridimensional mediante un programa informático específico (*Vesselview*[®], Siemens, Forchheim, Alemania), se puede observar la arteria descendente anterior en todo su trayecto (D) en una sola imagen, tras lo cual se pueden obtener imágenes de cortes transversales ortogonales a la luz. Estas imágenes transversales muestran, antes y después de la oclusión, una luz permeable y que capta contraste (E, H), mientras que el tejido correspondiente a la placa no calcificada (F) y calcificada (G) se visualiza en la OTC.

laterales)²¹. Se obtuvo una sensibilidad del 95% y una especificidad del 97% para la detección de estenosis coronarias significativas, en comparación con la coronariografía invasiva diagnóstica.

Leschka et al²² publicaron su experiencia con el escáner 64 TC en la evaluación de 67 pacientes sintomáticos con una edad media de 60 años. La sensibilidad fue del 94% y la especificidad del 97% para la detección de estenosis coronarias significativas. No fue necesario excluir del análisis ninguno de los segmentos coronarios, aunque sólo se incluyeron en él los segmentos > 1,5 mm.

Limitaciones de la coronariografía TCMC

A pesar de los importantes avances tecnológicos y de la experiencia cada vez mayor en la evaluación de la coronariografía TCMC, todavía persisten varios problemas (tabla 2). La coronariografía CT no se

TABLA 2. Limitaciones de la coronariografía mediante tomografía computarizada con contraste

Exposición a radiación
Ritmo cardíaco irregular
Frecuencias cardíacas rápidas (> 70 lat/min)
Calcificación severa
Nefrotoxicidad por el contraste
Alergia al contraste con yodo
Necesidad de bloqueadores beta (para reducir el ritmo cardíaco rápido) antes del estudio

puede utilizar en pacientes con un ritmo cardíaco irregular mantenido (fibrilación auricular) o con ectopias ventriculares frecuentes, debido a que ambos factores impiden la reconstrucción de las imágenes coronarias. La calcificación severa conlleva 2 problemas: *a)* oscurece la luz del vaso y, por tanto, dificulta la detección de una estenosis significativa en él, y *b)* debido a sus efectos de potenciación puede dar lugar a una sobrestimación de la severidad de una estenosis adyacente.

La frecuencia cardíaca rápida (> 70 lat/min) se asocia a artefactos por movimiento del corazón o bien a imágenes poco definidas debido a la reducción del tiempo de reconstrucción telediastólica necesario para una reconstrucción coronaria sin movimiento⁸. La reducción de la frecuencia cardíaca mediante la administración oral o intravenosa de bloqueadores beta elimina este problema en la mayor parte de los casos. La resolución temporal se puede mejorar todavía más mediante la aplicación de algoritmos de reconstrucción bisegmentarios o multisegmentarios que combinan los datos de 2 o más ciclos cardíacos y, así, impiden la aparición de imágenes borrosas a consecuencia del movimiento cardíaco. Sin embargo, estos algoritmos son mejores cuando la frecuencia cardíaca es constante, la señal electrocardiográfica (ECG) es fiable y no hay arritmias, dado que están basados en un patrón de contracción cardíaca idéntico con similar posicionamiento cronológico de las estructuras cardíacas en cada ciclo cardíaco consecutivo. La exposición a radiación que acompaña al estudio con CT constituye una preocupación importante. Morin et al²³ estimaron que la dosis de radiación efectiva de la coronariografía TCMC de 4 cortes estaba aproximadamente entre 9,3 y 11,3 mSv. Hunold et al²⁴ utilizaron un dispositivo de simulación para determinar la dosis de radiación y señalaron que era de 6,7-10,9 mSv en los varones y de 8,1-13,0 mSv en las mujeres. Los experimentos realizados con dispositivos de simulación mediante el uso de escáneres TCMC de 16 cortes demostraron dosis de radiación de 8,1 y 10,9 mSv para los varones y las mujeres, respectivamente²⁵. Se puede conseguir una disminución de la dosis de radiación mediante la aplicación del modo de modulación de tubo durante el estudio. Al reducir la salida de rayos X

del tubo durante la sístole (generalmente, estos datos no se utilizan para la reconstrucción de las imágenes coronarias) y al utilizar la salida nominal durante la diástole (los datos utilizados para la reconstrucción de la imagen), es posible disminuir la dosis efectiva de radiación en casi un 50%²⁶. No obstante, mediante el uso del modo de modulación de tubo, de nuevo es necesario que haya un intervalo R-R similar a lo largo del estudio, que es un prerrequisito para la reconstrucción de las imágenes coronarias durante el mismo período telediastólico. Otra desventaja del uso del modo de modulación del tubo es la ausencia de datos sistólicos que, en nuestra experiencia, son útiles en aproximadamente el 20% de los casos para la reconstrucción de imágenes que no estén desenfocadas. Por último, la resolución de la imagen, como consecuencia de la atenuación de los rayos X, puede alterarse en los pacientes con obesidad, que representan una proporción cada vez mayor de la población general.

Coronariografía mediante tomografía computarizada: situación actual

La coronariografía TC con contraste, incluida la tecnología TC de 64 cortes, debe ser considerada en este momento una herramienta de investigación. Los datos obtenidos con la coronariografía TC son cada vez más prometedores respecto a la detección o exclusión de estenosis coronarias significativas, lo que indica que la técnica se podría aplicar en el contexto clínico. Sin embargo, los datos presentados hasta el momento se deben contemplar con un cierto escepticismo antes de que se pueda recomendar la plena aceptación de esta técnica no invasiva como una alternativa clínicamente fiable a la coronariografía diagnóstica invasiva. La técnica TC no es útil en los casos de arritmia persistente, ectopias ventriculares frecuentes y calcificación severa, situaciones que son muy frecuentes (tanto de manera aislada como en combinación) en la población de ancianos (> 70 años) en los que la incidencia de enfermedad coronaria sintomática es elevada. Además, una nueva técnica sólo es útil como alternativa diagnóstica cuando es fiable en todos los segmentos coronarios relevantes, sin exclusión de los segmentos no diagnósticos. Actualmente, la coronariografía TC puede ser una alternativa viable a la coronariografía invasiva para: *a)* excluir la presencia de obstrucciones coronarias significativas en los pacientes con dolor torácico atípico; *b)* determinar el trayecto de arterias coronarias anómalas, y quizá *c)* ser lo suficientemente fiable como para indicar en los pacientes sintomáticos una intervención coronaria percutánea en función de los hallazgos TC en una población seleccionada con una frecuencia cardíaca lenta y estable y con ausencia de calcificación coronaria o con calcificación leve.

Es urgente realizar nuevos estudios para establecer el papel que puede desempeñar la coronariografía TC

en la clínica, mediante el uso de dispositivos de 64 cortes o con escáneres TC de la próxima generación, en un amplio espectro de pacientes que incluye a los individuos asintomáticos, a los que presentan angina estable típica o atípica, y a los que muestran síndrome coronario agudo. No obstante, creemos firmemente que la coronariografía TC es una técnica no invasiva potente que en el futuro inmediato va a madurar lo suficiente como para convertirse en una técnica de imagen coronaria no invasiva aplicable clínicamente. La disponibilidad de una técnica de imagen coronaria no invasiva mejorará de manera significativa nuestros conocimientos de la enfermedad coronaria, así como su tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Nieman K, Oudkerk M, Rensing BJ, Van Ooijen P, Munne A, Van Geuns RJ, et al. Coronary angiography with multi-slice computed tomography. *Lancet*. 2001;357:599-603.
- Achenbach S, Giesler T, Ropers D, Ulzheimer S, Derlien H, Schulte C, et al. Detection of coronary artery stenoses by contrast-enhanced, retrospectively electrocardiographically-gated, multislice spiral computed tomography. *Circulation*. 2001;103:2535-8.
- Knez A, Becker CR, Leber A, Ohnesorge B, Becker A, White C, et al. Usefulness of multislice spiral computed tomography angiography for determination of coronary artery stenoses. *Am J Cardiol*. 2001;88:1191-4.
- Vogl TJ, Abolmaali ND, Diebold T, Engelmann K, Ay M, Dogan S, et al. Techniques for the detection of coronary atherosclerosis: multi-detector row CT coronary angiography. *Radiology*. 2002;223:212-20.
- Nieman K, Rensing BJ, Van Geuns RJM, Munne A, Ligthart JMR, Pattinama PMT, et al. Usefulness of multislice computed tomography for detecting obstructive coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2002;89:913-8.
- Kopp AF, Schroeder S, Kuettner A, Baumbach A, Georg C, Kuzo R, et al. Non-invasive coronary angiography with high resolution multidetector-row computed tomography: results in 102 patients. *Eur Heart J*. 2002;23:1714-25.
- Giesler T, Baum U, Ropers D, Ulzheimer S, Wenkel E, Mennicke M, et al. Noninvasive visualization of coronary arteries using contrast-enhanced multidetector CT: influence of heart rate on image quality and stenosis detection. *AJR Am J Roentgenol*. 2002;179:911-6.
- Nieman K, Rensing BJ, Van Geuns RJ, Vos J, Pattinama PM, Krestin GP, et al. Non-invasive coronary angiography with multislice spiral computed tomography: impact of heart rate. *Heart*. 2002;88:470-4.
- Kuettner A, Kopp AF, Schroeder S, Rieger T, Brunn J, Meisner C, et al. Diagnostic accuracy of multidetector computed tomography coronary angiography in patients with angiographically proven coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43:831-9.
- Maruyama T, Yoshizumi T, Tamura R, Takashima S, Toyoshima H, Konishi I, et al. Comparison of visibility and diagnostic capability of noninvasive coronary angiography by eight-slice multi-detector-row computed tomography versus conventional coronary angiography. *Am J Cardiol*. 2004;93:537-42.
- Kuettner A, Trabold T, Schroeder S, Feyter A, Beck T, Brueckner A, et al. Noninvasive detection of coronary lesions using 16-detector multislice spiral computed tomography technology: initial clinical results. *J Am Coll Cardiol*. 2004;44:1230-7.
- Mollet NR, Cademartiri F, Nieman K, Saia F, Lemos PA, McFadden EP, et al. Multislice spiral computed tomography coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43:2265-70.
- Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A, Razzini C, Tomassini M, Sperandio M, et al. Accuracy of thin-slice computed tomography in the detection of coronary stenoses. *Eur Heart J*. 2004;25:1043-8.
- Hoffmann U, Moselewski F, Cury RC, Ferencik M, Jang IK, Diaz LJ, 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;110:2638-43.
- Paul JF, Ohanessian A, Caussin Ch, Hennequin R, Dambrin G, Brenot P, et al. Visualization of coronary tree and detection of coronary artery stenosis using 16-slice, sub-millimeter computed tomography: preliminary experience. *Arch Mal Coeur Vaiss*. 2004;97:31-6.
- Leta R, Carreras F, Alomar X, Monell J, García-Picart J, Augé JM, et al. Coronariografía no invasiva mediante tomografía computarizada con 16 detectores: estudio comparativo con la angiografía coronaria invasiva. *Rev Esp Cardiol*. 2004;57: 217-24.
- Kuettner A, Beck T, Drosch T, Kettering K, Heuschmid M, Burgstahler C, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary imaging using 16-detector slice spiral computed tomography with 188 ms temporal resolution. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:123-7.
- Mollet NR, Cademartiri F, Krestin GP, McFadden EP, Arampatzis CA, Serruys PW, et al. Improved diagnostic accuracy with 16-row multi-slice computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:128-32.
- Schuijff JD, Bax JJ, Salm LP, Jukema JW, Lamb HJ, Van der Wall EE, et al. Noninvasive coronary imaging and assessment of left ventricular function using 16-slice computed tomography. *Am J Cardiol*. 2005;95:571-4.
- Hoffmann MH, Shi H, Schmitz BL, Schmid FT, Lieberknecht M, Schulze R, et al. Noninvasive coronary angiography with multislice computed tomography. *JAMA*. 2005;293:2471-8.
- Mollet NR, Cademartiri F, Van Mieghem CA, Runza G, McFadden EP, Baks T, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation*. 2005;112:2318-23.
- Leschka S, Alkadhi H, Plass A, Desbiolles L, Grunfelder J, Marincek B, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J*. 2005;26:1482-7.
- Morin RL, Gerber TC, McCollough CH. Radiation dose in computed tomography of the heart. *Circulation*. 2003;107:917-22.
- Hunold P, Vogt FM, Schmermund A, Debatin JF, Kerkhoff G, Budde T, et al. Radiation exposure during cardiac CT: effective doses at multi-detector row CT and electron-beam CT. *Radiology*. 2003;226:145-52.
- Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B, Flohr T, Suess C, Schoepf UJ, et al. Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: reduction of radiation exposure by ECG-controlled tube current modulation. *Eur Radiol*. 2002;12:1081-6.
- Trabold T, Buchgeister M, Kuttner A, Heuschmid M, Kopp AF, Schroeder S, et al. Estimation of radiation exposure in 16-detector row computed tomography of the heart with retrospective ECG-gating. *Rofo*. 2003;175:1051-5.