

## Coronariografía por tomografía computarizada de doble fuente

G. Bastarrika, M. Arraiza, J. Pueyo

Servicio de Radiología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra

### Correspondencia:

Gorka Bastarrika  
Servicio de Radiología  
Clínica Universitaria.  
Avenida Pío XII, 36  
31008 Pamplona  
Tel. 948 255400  
Fax. 948 296500  
(bastarrika@unav.es)

### Resumen

La tomografía computarizada multicorte (TCMC) permite estudiar las arterias coronarias de forma no invasiva. A pesar de la elevada resolución espacial y temporal de los equipos de sesenta y cuatro cortes (TCMC-64) esta técnica no se encuentra exenta de limitaciones. La tomografía computarizada de doble fuente (TCDF) permite estudiar las arterias coronarias con gran calidad diagnóstica en todos los sujetos independientemente de su frecuencia cardiaca sin necesidad, por tanto, de emplear betabloqueantes. En este trabajo se describen los estudios por TCDF de tres pacientes con elevada frecuencia cardiaca y gran variabilidad del ritmo. Se demuestra la utilidad de esta técnica para obtener estudios de excelente calidad diagnóstica en casos en que la coronariografía por TCMC-64 convencional presenta limitaciones.

**Palabras clave:** TC doble fuente, coronariografía por TC, enfermedad coronaria

### Introducción

La tomografía computarizada multicorte (TCMC) es una técnica no invasiva que permite estudiar las arterias coronarias con gran resolución espacial y temporal<sup>1, 2</sup>. La evolución de los equipos de TCMC ha sido muy rápida a lo largo de esta última década. Los sistemas iniciales de cuatro coronas de detectores presentaban una resolución espacial y temporal muy limitadas<sup>3</sup>. Posteriormente se desarrollaron los equipos de dieciséis coronas de detectores, sistemas que permitieron estudiar con mayor precisión la patología coronaria<sup>4, 5</sup>. Hoy en día se considera que el estándar para estudiar con calidad diagnóstica las arterias coronarias debe ser un equipo de sesenta y cuatro cortes (TCMC-64)<sup>6-8</sup>. Sin embargo, esta técnica diagnóstica no se encuentra exenta de limitaciones debidas en parte a la limitada resolución espacial y temporal y a la dosis de radiación<sup>9</sup>.

La característica principal de la tomografía computarizada de doble fuente (TCDF) es que posee dos tubos de rayos X orientados de forma perpendicular<sup>10</sup>. Mediante esta técnica se pueden valorar las arterias coronarias con gran resolución

### Summary

Multidetector computed tomography (MDCT) has been demonstrated to be a very useful technique to non-invasively study coronary arteries. Despite the high spatial and temporal resolution of 64-slice MDCT scanners, this technique has several limitations. Dual-source computed tomography (DSCT) allows to study coronary arteries with excellent diagnostic quality in all subjects independent of the heart rate, thus avoiding the use of beta-blockers. In this article DSCT studies from three subjects with elevated heart rate and irregular heart rhythm are described. Usefulness of this technique to obtain studies of excellent quality in cases in which conventional 64-row-MDCT might present limitations is emphasized.

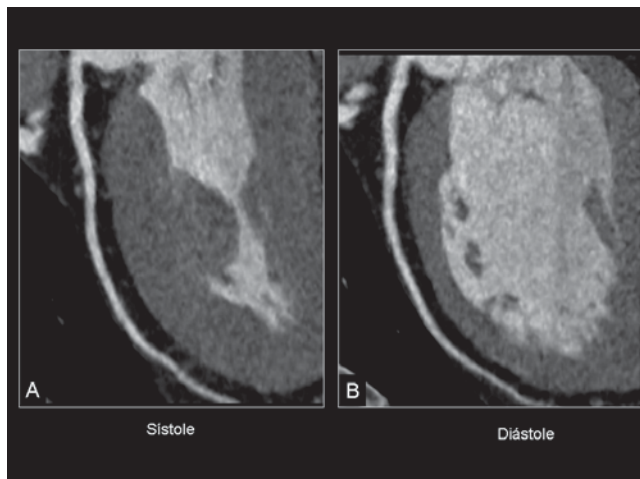
**Key words:** Dual-source CT, coronary CT angiography, coronary artery disease

espacial y temporal en todos los individuos estudiados independientemente de su frecuencia cardiaca<sup>11, 12</sup>. En este trabajo se presentan tres pacientes en los que la coronariografía por TCMC-64 podría presentar limitaciones debido al ritmo cardiaco irregular y frecuencia elevada. En estos sujetos la TCDF permitió obtener estudios de gran calidad diagnóstica, descartando enfermedad coronaria en dos y señalando el grado y extensión de la enfermedad coronaria en otro.

### Presentación de los casos

#### Caso 1

Paciente varón de 46 años sin factores de riesgo cardiovascular conocidos excepto dislipemia tratada con atorvastatina y cifras de presión arterial en límites altos, controladas con indapamida. Antecedentes paternos de enfermedad vascular y cardiopatía isquémica intervenida (doble injerto aorto-coronario). Ergometría 90% de maximal, alcanzando 200 Watios y 10 Mets, sin signos isquémicos. Situación de estrés emocional por enfermedad paterna.



**Figura 1.** Coronariografía por TCDF en paciente con frecuencia cardiaca media de 68 latidos por minuto. Proyección multiplanar curva. Arteria coronaria descendente anterior de características normales. No se objetiva estenosis coronaria. Nótese la calidad de la imagen tanto en sístole (A) como en diástole (B). Dada la resolución espacial y temporal del TCDF se pueden estudiar las arterias coronarias en distintas fases del ciclo cardiaco.

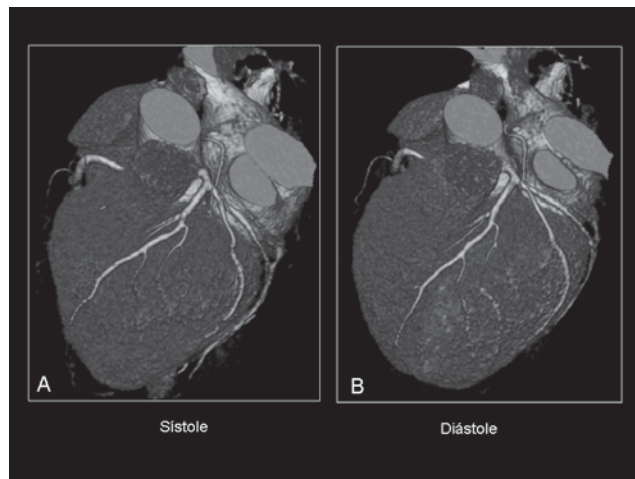


**Figura 2.** Coronariografía por TCDF en paciente con frecuencia cardiaca media de 68 latidos por minuto. Proyección multiplanar curva. Arteria coronaria derecha sin estenosis significativas. A: sístole; B: diástole.

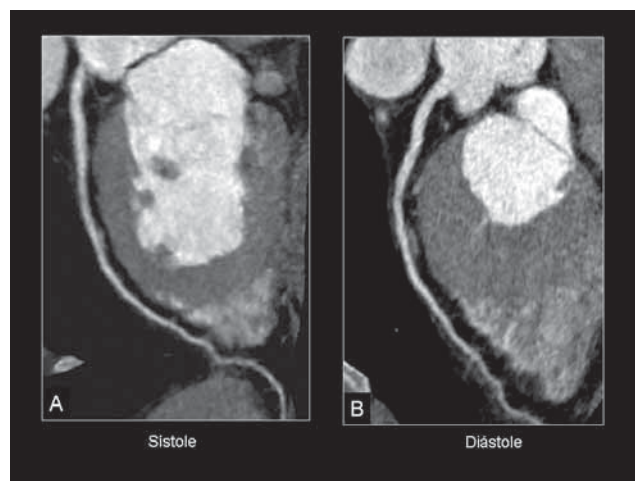
La exploración física mostró ruidos cardiacos rítmicos a 66 latidos por minuto, sin soplos, galopes ni signos de insuficiencia cardiaca. Presión arterial: 130/78 mmHg. Auscultación pulmonar normal.

ECG en ritmo sinusal, auriculograma y conducción auriculoventricular normales, ventriculograma normal. Alteraciones de la repolarización con aplanamiento de onda T en pared libre.

En el ecocardiograma se objetivaron cavidades cardiacas de dimensiones normales. Ventriculo izquierdo de 4,95 cm y grosor de pared muscular normal (1,15 cm). Fracción de eyección conservada, estimada en un 65%. Doppler mitral y aórtico normales.



**Figura 3.** Coronariografía por TCDF en paciente con frecuencia cardiaca media de 68 latidos por minuto. Reconstrucción volumétrica. El estudio vascular fue considerado normal, excluyéndose, por tanto, enfermedad coronaria.

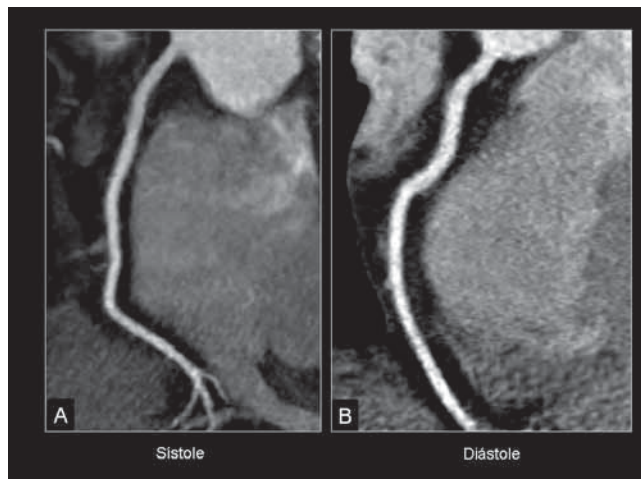


**Figura 4.** Coronariografía por TCDF en paciente con frecuencia cardiaca media de 89 latidos por minuto. Proyección multiplanar curva. Arteria coronaria descendente anterior sin estenosis significativas. A: sístole; B: diástole.

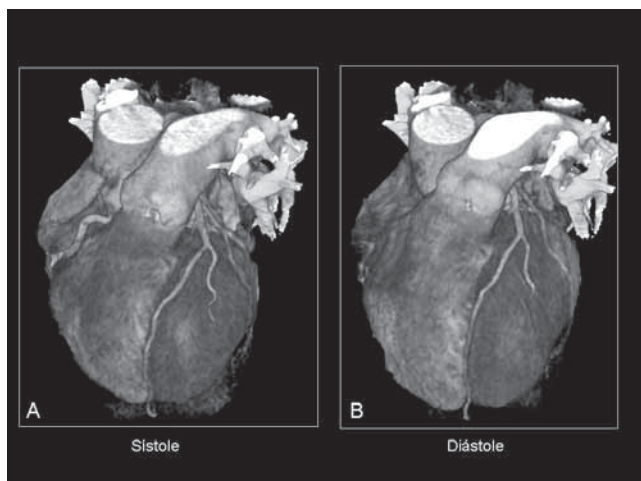
Se solicitó TCMC para estudio de arterias coronarias por modificaciones inespecificas de la repolarización con aplanamiento de la onda T en la pared libre (Figuras 1 a 3).

**Caso 2**

Paciente varón de 42 años. Antecedentes personales de hiperlipemia combinada familiar en tratamiento con ezetimiba, atorvastatina, colestid y gemfibrozilo y alteración de la glucemia en ayunas. Antecedentes familiares de cardiopatía isquémica (dos hermanos fallecidos de infarto agudo de miocardio antes de los 60 años). Asintomático cardiovascular. Refería pirosis y reflujo, dolor centrotorácico puntual a punta de dedo de poco tiempo de duración, no asociado al ejercicio.



**Figura 5.** Coronariografía por TCDF en paciente con frecuencia cardiaca media de 89 latidos por minuto. Proyección multiplanar curva. Arteria coronaria derecha de características normales. A: sistole; B: diástole.



**Figura 6.** Coronariografía por TCDF en paciente con frecuencia cardiaca media de 89 latidos por minuto. Reconstrucción volumétrica. Estudio coronario normal. Nótese la gran calidad del estudio tanto en sistole como en diástole.

La exploración física mostró ruidos cardiacos rítmicos a 96 latidos por minuto. Presión arterial: 120/70 mmHg. Auscultación pulmonar normal. Electrocardiograma normal.

En el ecocardiograma se observó un ventrículo izquierdo de morfología y función sistólica normales (FE: 0,65), disfunción diastólica por anomalía de la relajación, válvulas y velocidades doppler normales y dilatación biauricular.

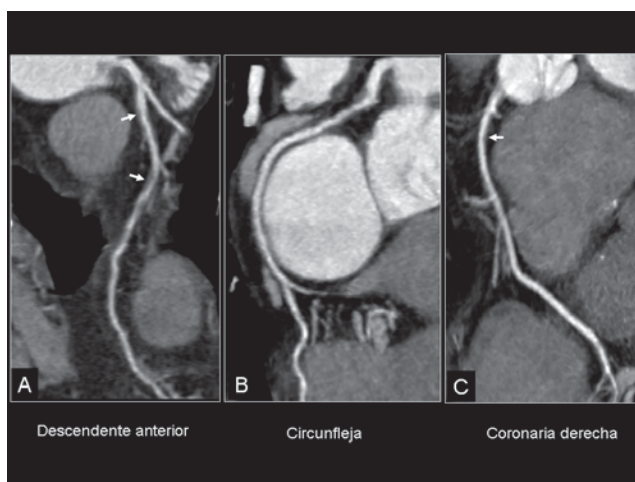
Dados los antecedentes personales y familiares y el dolor centrotorácico referido por el paciente se solicitó coronariografía por TCMC para descartar enfermedad coronaria (Figuras 4 a 6).

**Caso 3**

Paciente de 72 años intervenido de trasplante cardíaco ortotópico por miocardiopatía dilatada. Desde la última revisión refiere encontrarse asintomático desde el punto de vista



**Figura 7.** Coronariografía por TCDF. Reconstrucción volumétrica. En este paciente trasplantado cardíaco se pudieron estudiar las arterias coronarias principales y sus ramas con gran detalle. a: tronco principal izquierdo; b: descendente anterior; c: circunfleja; d: coronaria derecha.

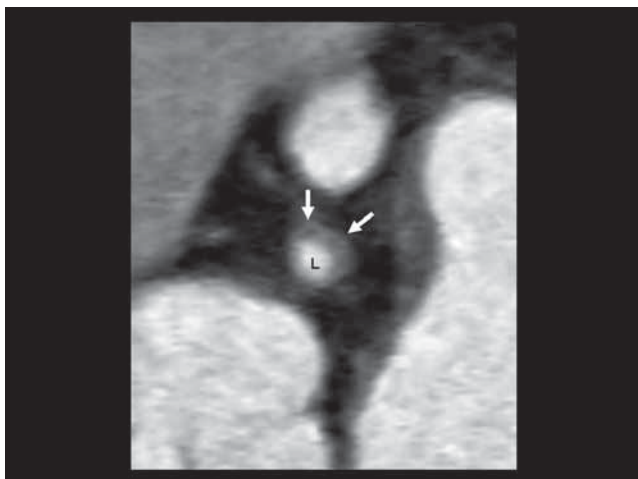


**Figura 8.** Coronariografía por TCDF. Proyección multiplanar curva de las tres arterias coronarias principales. A: coronaria descendente anterior; B: arteria circunfleja; C: coronaria derecha. El estudio puso de manifiesto enfermedad vascular del injerto que afectaba principalmente a las arterias coronarias descendente anterior y derecha (flechas).

cardiovascular, en grado funcional NYHA I. Enfermedad crónica del injerto conocida, en seguimiento mediante coronariografía. A la exploración física se objetivó auscultación cardiaca con ruidos rítmicos, sin soplos, a 104 latidos por minuto. Presión arterial: 120/80 mmHg. Murmullo vesicular fisiológico en la auscultación pulmonar. Exploración vascular normal, sin edemas en extremidades inferiores.

ECG en ritmo sinusal. Descenso del segmento ST.

En el ecocardiograma se observó ventrículo izquierdo de morfología y función sistólica normales (fracción de eyección de 71%), dilatación biauricular, patrón de llenado propio del corazón trasplantado, insuficiencia tricúspide ligera y presión arterial pulmonar estimada de 37 mmHg.



**Figura 9.** Coronariografía por TCDF. Imagen obtenida en un plano perpendicular a la arteria coronaria descendente anterior proximal. Se observa proliferación de la neointima (flechas) prácticamente circunferencial, sin que provoque estenosis significativa de la luz. L: luz arterial.

Se solicitó coronariografía por TCMC para valorar la posibilidad de estudiar la vasculopatía del injerto de forma no invasiva (Figuras 7 a 9).

## Discusión

Se ha demostrado que con los equipos TCMC-64 la sensibilidad y especificidad para detectar enfermedad coronaria se incrementa de manera significativa<sup>13-15</sup>. En los TCMC-64 se consigue una resolución temporal de 165 ms y una resolución espacial de 0,4 mm. Sin embargo, estos equipos aunque son sensiblemente superiores al resto de los TCMC para valorar patología coronaria, poseen limitaciones. Por una parte, la resolución temporal de 165 ms es insuficiente para estudiar pacientes con ritmos cardíacos irregulares o frecuencias cardíacas elevadas (más de 65 latidos por minuto), por lo que es imprescindible emplear betabloqueantes antes de la exploración con objeto de disminuir la frecuencia cardíaca<sup>13-16</sup>. Además, en los sistemas de 64 cortes la resolución temporal varía en función de la frecuencia cardíaca, existiendo intervalos de frecuencias en que la calidad del estudio es subóptima, como por ejemplo, en frecuencias cardíacas comprendidas entre 66 y 75 latidos por minuto<sup>10, 17</sup>. Por otra parte, la resolución espacial se encuentra en el límite (0,4 mm) para cuantificar con exactitud estenosis coronarias y estudiar segmentos coronarios calcificados o *stent* coronarios<sup>18-20</sup>. Por último, la dosis de radiación en los equipos TCMC-64 es significativamente superior a la de la coronariografía convencional, lo que limita la generalización de la TCMC-64 como técnica para valorar enfermedad coronaria<sup>21</sup>.

La tomografía computarizada de doble fuente (TCDF) es un equipo de TCMC con dos tubos de rayos X independientes orientados perpendicularmente. Cada tubo de rayos X posee su propia fila de detectores (32 x 0,6)<sup>10</sup>. La adquisición de las imágenes se realiza tras un rápido movimiento del ánodo en cada tubo de rayos X, de manera que funcionalmente actúa como un

equipo de 64 cortes con dos fuentes emisoras de radiación. Las ventajas de la TCDF frente al resto de los equipos de TCMC son que la resolución temporal es de 83 ms independientemente de la frecuencia cardíaca del sujeto y que el avance de la mesa se realiza en función de la frecuencia cardíaca del paciente, lo que permite disminuir significativamente la dosis de radiación. Con esta tecnología se pueden obtener estudios de arterias coronarias con gran resolución espacial en todos los individuos estudiados<sup>10-12, 22</sup>.

En este trabajo se presentan las coronariografías por TCDF realizadas en tres sujetos distintos. El primer paciente acudió por cambios electrocardiográficos inespecíficos, antecedentes familiares de cardiopatía isquémica intervenida y antecedentes personales de dislipemia e hipertensión adecuadamente controlados mediante tratamiento farmacológico. En el segundo paciente se realizó coronariografía por TCDF por dolor centrotorácico y antecedentes personales de hipercolesterolemia y familiares de cardiopatía isquémica. Durante la exploración el primer sujeto presentó una frecuencia cardíaca media de 68 latidos por minuto (variación: 65-71 latidos por minuto). El segundo sujeto presentó una frecuencia cardíaca media de 89 latidos por minuto (variación: 85-95 latidos por minuto). Estas frecuencias cardíacas, superiores a los 65 latidos por minuto, presentan limitaciones en los equipos de TCMC-64, ya que no permiten utilizar adecuadamente los algoritmos de segmentación que se emplean para aumentar la resolución temporal<sup>17</sup>. El ritmo cardíaco fue variable a lo largo de las exploraciones (oscilación de 6 latidos por minuto y 10 latidos por minuto, respectivamente), lo que limita la calidad diagnóstica en los equipos TCMC-64<sup>13, 16, 17</sup>. En estos pacientes, la calidad de las imágenes obtenidas mediante TCDF fue excelente, mostrando arterias coronarias normales y permitiendo descartar, por tanto, enfermedad coronaria. En las figuras se demuestra que la calidad de imagen es independiente de la frecuencia cardíaca y que, por tanto, se pueden realizar reconstrucciones en distintas fases del ciclo cardíaco (sístole y diástole) que pueden ser de interés en determinadas patologías.

En el tercer caso se presenta el estudio de un paciente trasplantado cardíaco con enfermedad crónica del injerto conocida y controlada periódicamente mediante coronariografía convencional. Durante el estudio de TCDF el paciente presentó una frecuencia cardíaca media de 107 latidos por minuto (variación: 104-109 latidos por minuto), muy superior a la frecuencia cardíaca máxima de 65 latidos por minuto recomendada para los equipos de TCMC-64. En este estudio se objetivó vasculopatía del injerto con afectación generalizada de las arterias coronarias principales. La TCDF permitió conocer con exactitud las irregularidades de la luz vascular, la extensión de la neointima y la afectación concéntrica de la pared arterial característica de esta enfermedad.

Como conclusión, los casos descritos subrayan la utilidad de la TCDF para analizar las arterias coronarias con gran resolución espacial y temporal de forma no invasiva en pacientes no subsidiarios de estudios diagnósticos empleando los equipos de TCMC-64 convencionales. La TCDF permite estudiar las arterias coronarias con gran calidad diagnóstica independientemente de la frecuencia cardíaca de los sujetos.

## Agradecimientos

A todos los profesionales que trabajan en el área de TC de la Clínica Universitaria de Navarra.

## Bibliografía

1. Becker A, Leber A, White CW, Becker C, Reiser MF, Knez A. Multislice computed tomography for determination of coronary artery disease in a symptomatic patient population. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2006 Dec 8.
2. Hamon M, Biondi-Zoccai GG, Malagutti P, Agostoni P, Morello R, Valgimigli M, et al. Diagnostic performance of multislice spiral computed tomography of coronary arteries as compared with conventional invasive coronary angiography: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2006 Nov 7;48(9):1896-910.
3. Mahnken AH, Wildberger JE, Sinha AM, Dedden K, Stanzel S, Hoffmann R, et al. Value of 3D-volume rendering in the assessment of coronary arteries with retrospectively ECG-gated multislice spiral CT. *Acta Radiol*. 2003 May;44(3):302-9.
4. 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 Jun 16;43(12):2265-70.
5. Garcia MJ, Lessick J, Hoffmann MH. Accuracy of 16-row multidetector computed tomography for the assessment of coronary artery stenosis. *Jama*. 2006 Jul 26;296(4):403-11.
6. Musto C, Simon P, Nicol E, Tanigawa J, Davies SW, Oldershaw PJ, et al. 64-multislice computed tomography in consecutive patients with suspected or proven coronary artery disease: initial single center experience. *Int J Cardiol*. 2007 Jan 2;114(1):90-7.
7. Sun Z, Jiang W. Diagnostic value of multislice computed tomography angiography in coronary artery disease: a meta-analysis. *Eur J Radiol*. 2006 Nov;60(2):279-86.
8. Schuijf JD, Pundziute G, Jukema JW, Lamb HJ, van der Hoeven BL, de Roos A, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice multislice computed tomography in the noninvasive evaluation of significant coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2006 Jul 15;98(2):145-8.
9. McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler JM, Jr. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options. *Radiographics*. 2006 Mar-Apr;26(2):503-12.
10. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, Petersilka M, Gruber K, Suss C, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. *Eur Radiol*. 2006 Feb;16(2):256-68.
11. Achenbach S, Ropers D, Kuettner A, Flohr T, Ohnesorge B, Bruder H, et al. Contrast-enhanced coronary artery visualization by dual-source computed tomography--initial experience. *Eur J Radiol*. 2006 Mar;57(3):331-5.
12. Johnson TR, Nikolaou K, Wintersperger BJ, Leber AW, von Ziegler F, Rist C, et al. Dual-source CT cardiac imaging: initial experience. *Eur Radiol*. 2006 Jul;16(7):1409-15.
13. Ehara M, Surmely JF, Kawai M, Katoh O, Matsubara T, Terashima M, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography for detecting angiographically significant coronary artery stenosis in an unselected consecutive patient population: comparison with conventional invasive angiography. *Circ J*. 2006 May;70(5):564-71.
14. Ropers D, Rixe J, Anders K, Kuttner A, Baum U, Bautz W, et al. Usefulness of multidetector row spiral computed tomography with 64- x 0.6-mm collimation and 330-ms rotation for the noninvasive detection of significant coronary artery stenoses. *Am J Cardiol*. 2006 Feb 1;97(3):343-8.
15. Ong TK, Chin SP, Liew CK, Chan WL, Seyfarth MT, Liew HB, et al. Accuracy of 64-row multidetector computed tomography in detecting coronary artery disease in 134 symptomatic patients: influence of calcification. *Am Heart J*. 2006 Jun;151(6):1323 e1-6.
16. Leschka S, Wildermuth S, Boehm T, Desbiolles L, Husmann L, Plass A, et al. Noninvasive coronary angiography with 64-section CT: effect of average heart rate and heart rate variability on image quality. *Radiology*. 2006 Nov;241(2):378-85.
17. Wintersperger BJ, Nikolaou K, von Ziegler F, Johnson T, Rist C, Leber A, et al. Image quality, motion artifacts, and reconstruction timing of 64-slice coronary computed tomography angiography with 0.33-second rotation speed. *Invest Radiol*. 2006 May;41(5):436-42.
18. Oncel D, Oncel G, Karaca M. Coronary stent patency and in-stent restenosis: determination with 64-section multidetector CT coronary angiography--initial experience. *Radiology*. 2007 Feb;242(2):403-9.
19. Oncel D, Oncel G, Tastan A, Tamci B. Detection of significant coronary artery stenosis with 64-section MDCT angiography. *Eur J Radiol*. 2007 Feb 13.
20. Chabbert V, Carrie D, Bennaceur M, Maupas E, Lauwers V, Mhem M, et al. Evaluation of in-stent restenosis in proximal coronary arteries with multidetector computed tomography (MDCT). *Eur Radiol*. 2006 Nov 18.
21. 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 Oct 11;112(15):2318-23.
22. Scheffel H, Alkadhi H, Plass A, Vachenaue R, Desbiolles L, Gaemperli O, et al. Accuracy of dual-source CT coronary angiography: First experience in a high pre-test probability population without heart rate control. *Eur Radiol*. 2006 Dec;16(12):2739-47.