

CAPITULO XV

NUEVAS TÉCNICAS EN CARDIOLOGÍA

TEMA 46

TAC MULTICORTE. CONSIDERACIONES ENFERMERAS

AUTORES:

Dr. Miguel Orejas. Adjunto de la Unidad de Cardiología.
Fundación Jiménez Díaz. Madrid.

46.1 Introducción

Actualmente, las enfermedades cardiovasculares representan la primera causa de mortalidad en países industrializados¹. Dentro de estas enfermedades la cardiopatía isquémica producida por arterosclerosis coronaria es la que ocasiona el mayor número de muertes en nuestro país, llegando a ser del 30%.²

Desde su introducción en los años 60, la angiografía coronaria selectiva ha sido el método de diagnóstico de elección para el estudio de las estenosis de las arterias coronarias. La técnica permite asimismo la realización de tratamientos intervencionistas percutáneos como la angioplastia con balón o la colocación de Stents intracoronarios. El procedimiento es bastante seguro con un mínimo riesgo para el paciente, aunque no deja de ser un procedimiento invasivo que requiere un acceso arterial (generalmente vía femoral o radial) para introducir los catéteres que llegan a las arterias coronarias. La información diagnóstica que nos proporciona la coronariografía convencional es limitada y solamente relativa a la existencia o no de estenosis en las arterias coronarias (luminograma). No podemos dejar de olvidar que pueden existir arterias angiográficamente normales (luz sin estenosis), pero con placas arterioscleróticas excéntricas (remodelado positivo) y que muchas veces son las responsables de un síndrome coronario agudo (SCA). Para evaluar la presencia y las características de estas placas arterioscleróticas excéntricas, hoy en día es necesario la realización de una ecografía intracoronaria (IVUS) introduciendo selectivamente en la arteria coronaria un catéter especial de ultrasonidos .

En los últimos años, las técnicas no invasivas de diagnóstico cardiológico por imagen, han sufrido un desarrollo espectacular y hoy en día una de las técnicas que presentan un gran potencial en el estudio de las arterias coronarias es el TC multicorte.

46.2 TC multicorte. Técnica

El funcionamiento un TC mecánico requiere que un tubo de rayos X rote alrededor del paciente para adquirir las imágenes. Los tiempos de rotación de gantry actuales son menores de 0,5 segundos. El TC multicorte permite la adquisición de varios cortes anatómicos de forma simultánea debido a que se incorporan varios detectores o canales paralelos (TC multicorte, TC multidetector o TC multicanal).. Inicialmente las máquinas tenían 4 detectores o canales, pero en la actualidad ya disponemos de equipos de hasta 64 detectores, de tal forma que por cada rotación y detector obtenemos un corte anatómico (por ejemplo los equipos de 16 canales nos proporcionan 16 cortes anatómicos por rotación).



Figura 1: Artefactos en la reconstrucción de la imagen de la arteria coronaria derecha por alteraciones del ritmo cardíaco.

La adquisición de imágenes del corazón, debido a que éste es un órgano en movimiento requiere una gran resolución temporal (= tiempo para adquirir una imagen). La resolución temporal de los TC es de 50-300 ms, que es mucho más baja que la angiografía convencional (<10 mseg). Para reducir los artefactos por el movimiento del corazón (figura 1), la adquisición de la imagen se realiza durante un corto periodo de tiempo en que el corazón se encuentra con el mínimo movimiento posible, que es en la telediástole. Además, para evitar los artefactos por movimientos respiratorios es necesario que el paciente se encuentre en apnea durante la adquisición de las imágenes.

Para una buena visualización de la anatomía coronaria, además de una gran resolución temporal, es esencial una gran resolución espacial que el TC tiene la capacidad de proporcionarnos.

Con la tecnología actual del TC multicorte (tiempos de rotación muy cortos, gran resolución temporal y espacial) podemos adquirir secuencias volumétricas completas que cubran todo el corazón con tan sólo una apnea de unos 10-12 segundos, con grosores de corte anatómicos submilimétricos (equipos de 16 detectores o más).

La TC cardíaca requiere como condición imprescindible una sincronización con el ECG del paciente. Existen dos modos de adquisición de imágenes: prospectiva y retrospectiva. Con el método prospectivo, las imágenes se adquieren en una determinada fase del ciclo cardíaco que nos interese (generalmente telediástole para el estudio de las arterias coronarias). Con la sincronización retrospectiva, la adquisición helicoidal es continua durante todas las fases del ciclo cardíaco, de tal forma que podemos estudiar posteriormente cualquier imagen anatómica en las diferentes fases del ciclo cardíaco (teniendo como referencia la onda R)³. El inconveniente de adquirir imágenes durante todo el ciclo cardíaco (sístole y diástole) es mayor la dosis de radiación para el paciente.

Durante la adquisición de las imágenes es muy importante que la frecuencia cardiaca esté entorno a 60 latidos por minuto, pues se sabe que esto condiciona importantemente la calidad de las imágenes (se minimizan los artefactos de movimiento)⁴. Si el paciente no presenta esas frecuencias cardiacas bajas, se suelen administrar fármacos betabloqueantes o calcioantagistas no dihidro-

piridínicos (Verapamil o diltiacem) una hora antes (cuando se prefieran administrar vía oral) o unos minutos antes del procedimiento (si se administran de forma intravenosa, siendo el más utilizado el metoprolol) ⁵. La presencia de arritmia cardíaca (la más frecuente es la fibrilación auricular) es un inconveniente para la realización del estudio y habitualmente un criterio de exclusión. Asimismo, si en paciente mantiene buenas cifras de TA, se administra 1 puff de NTG sublingual, aproximadamente unos 3 minutos antes de comenzar la adquisición de las imágenes, con el fin de vasodilatar las arterias coronarias y que así se vean mejor.

Para explorar las arterias coronarias, y poder así diferenciar la luz del vaso de la pared arterial, es necesario la administración de contraste intravenoso yodado (60-120 cc, dependiendo de los equipos) utilizando un inyector programable. Se recomienda una velocidad de infusión de 4-5 cc/seg con un lavado de 30 cc de suero salino fisiológico.⁶

La radiación producida por la técnica varía según el tipo de estudio realizado (sincronización prospectiva, retrospectiva, número de detectores...). A mayor número de detectores mayor radiación por rotación, pero menor tiempo de adquisición, con lo que la dosis total recibida es sólo ligeramente superior. En general las dosis de radiación con TC multicorte por estudio oscilan entre 6,7-13 miliSivert (mSv), siendo significativamente mayores que las de una angiografía convencional (2,1-2,3 mSv) ⁷. Los equipos de última generación disponen de tubos de Rayos X con corrientes fluctuantes (modulables), de modo que la dosis máxima sólo ocurre en un breve periodo de tiempo (tele-diástole), cuando el corazón se encuentra en mínimo movimiento.

46.3 Aplicaciones clínicas

1. Medición del Calcio coronario

La identificación de calcio coronario es un signo de cambios crónicos arteroscleróticos en la pared arterial coronaria ⁸. Se sabe que la presencia de grandes calcificaciones coronarias en screening de pacientes asintomáticos, indican un riesgo elevado de sufrir un infarto de miocardio en un periodo corto de tiempo (2 años) ⁹. Las exploraciones con TC sin el uso de contraste yodado son muy sensibles para detectar calcio coronario (*figura 2*). Inicialmente la cuantificación de calcio se realizaba con Electrom-Beam (TC por haz de electrones), técnica descrita por Agatston¹⁰, midiendo el área total de placa coronaria calcificada en píxeles y asignándole un score. Otros métodos de cuantificación de score de calcio introducidos recientemente, incluyen la medición del volumen de calcio expresada en milímetros cúbicos y la cuantificación de masa de calcio expresada en miligramos. Sin embargo hasta la fecha, la información más importante sobre el valor pronóstico de la cuantificación de calcio coronario, se basa en estudios cuyas estimaciones se han realizado con el método clásico de Agatston.

Con el TC multicorte se ha conseguido asimismo una utilidad igual que el Electrom-beam en cuanto a la medición del calcio coronario, incluso con mayor fiabilidad y reproducibilidad debido a

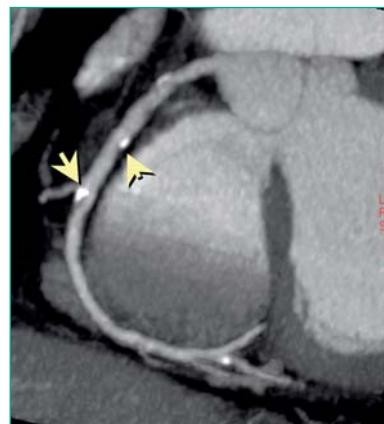


Figura 2: Arteria coronaria derecha con alguna calcificación pequeña (flechas), sin estenosis significativas.

la mayor resolución espacial (mejor relación señal/ruido) y a la adquisición helicoidal continua durante todo en ciclo cardíaco, aunque eso sí, con mayor dosis de radiación para el paciente¹¹. Sin embargo, el valor añadido de la adquisición helicoidal continua (sincronización retrospectiva), en cuanto a la medición del calcio coronario no ha sido demostrada suficientemente, aunque parece que estos exámenes pueden reducir la posibilidad de error a la hora de valorar una lesión calcificada³.

También existen datos publicados y hay estudios en marcha, con respecto a la utilidad de la medición de calcio coronario con TC, en relación a medidas preventivas farmacológicas, pudiéndose medir variaciones dinámicas en el volumen de calcio.^{12,13}

2. Estudio coronariográfico: evaluación de arterias coronarias

Se realiza tras la inyección de contraste yodado intravenoso, tal como hemos indicado en el apartado anterior. La angiografía coronaria con TC multicorte nos va a permitir la adquisición tridimensional del todo el corazón, en tan sólo un periodo de apnea de unos segundos. Para la evaluación diagnóstica posterior, los planos transversos adquiridos pueden ser transformadas en imágenes en 3D o en 2D, siguiendo los ejes de las cavidades cardiacas o el curso de una arteria coronaria. Existen diferentes métodos de transformación que se utilizarán en función de la indicación clínica del estudio: reconstrucción multiplanar, proyección de píxeles de máxima intensidad (maximum intensity projection, MIP), reconstrucciones tridimensionales tipo “volume rendering” (figuras 3 y 4).



Figura 3: Arteria coronaria descendente anterior (reconstrucción “maximum intensity projection”, MIP).

intensity projection, MIP), reconstrucciones tridimensionales tipo “volume rendering” (figuras 3 y 4). Además con el postprocesado de imágenes podemos desplegar y reconstruir las arterias coronarias en cualquier plano del espacio.

La visualización completa y correcta de las arterias coronarias epicárdicas va a estar limitada por el movimiento del corazón. Por eso es necesario que la frecuencia cardíaca esté entorno a 60 lpm. Los segmentos proximales son los que mejor van a poder ser evaluados. En los primeros estudios publicados con TC de cuatro detectores, la sensibilidad para detectar estenosis coronarias < del 50 % oscilaba entre el 40 y

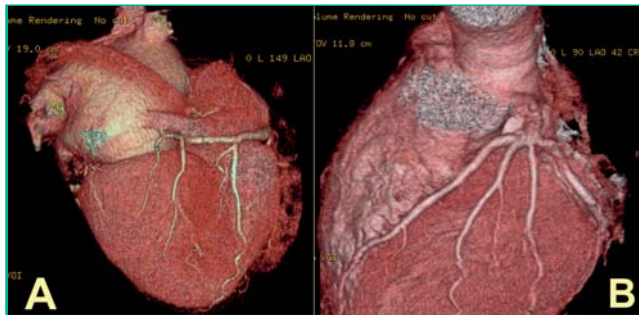


Figura 4: Reconstrucción 3D del corazón, en el que se pueden observar la arteria circunfleja con sus ramas (panel A), y la arteria descendente anterior con sus ramas (panel B).

91%, con una especificidad del 71 al 97%¹⁴. Sin embargo es importante señalar que únicamente en el 39% de los casos era posible la evaluación de las tres arterias coronarias. Con los equipos de 16 detectores, y con frecuencias cardiacas entorno a 60 lpm, se consiguen estudios de mejor calidad de imagen (colimación de corte < 1mm) y con un tiempo de apnea menor (15-20 segundos). Así la sensibilidad y especificidad para detectar

correctamente estenosis en las arterias coronarias es superior al 90%, con un 10 % de segmentos no valorables¹⁵. Es importante tener en cuenta que la mayoría de los autores calculan la sensibilidad y especificidad del estudio, teniendo solamente en cuenta los segmentos analizables, en vez de tener en cuenta todos los segmentos estudiados.

Una de las limitaciones mejor establecidas en el estudio coronariográfico mediante TC es la presencia de calcificaciones (*figura 5*). Además de impedir valorar si existe o no estenosis en el lugar de la calcificación, el calcio produce un coeficiente de atenuación importante, incluso con cantidades pequeñas, produciendo dificultades en la valoración de las placas adyacentes, que pueden resultar en falsos positivos o en una sobre-estimación del grado de estenosis.¹⁶

Hay varios estudios publicados en relación a la evaluación de los By-pass aorto coronarios mediante TC multicorte^{17,18}. Los injertos venosos al presentar un mayor calibre que los arteriales, pueden ser evaluados de forma mejor. Según un estudio realizado en 51 pacientes consecutivos¹⁸ revascularizados quirúrgicamente con injertos arteriales y venosos (TC de 16 detectores), se consiguió una sensibilidad del 96% y especificidad del 95%, resultando en un valor predictivo positivo del 81% y un valor predictivo negativo del 99%. Uno de los problemas fue la evaluación de las anastomosis distales de los injertos: el 26% de las arteriales y el 37% de las venosas, no pudieron ser analizadas (vasos de pequeño calibre, artefactos por los clips metálicos, pobre opacificación...) (*figura 6*)

Los Stents intracoronarios producen artefactos metálicos que impiden valorar adecuadamente si existe o no reestenosis intra-stent (*figura 7*). Los scanner de 16 detectores tienen la capacidad teórica de poder visualizar mejor la luz intrastent y así poder evaluar si existe o no permeabilidad, viendo si existe contraste intrastent¹⁹. Sin embargo, hasta la fecha no es posible cuantificar de forma precisa el grado de reestenosis intrastent. Únicamente el TC multicorte nos puede informar si el stent es o no permeable (se puede visualizar si existe relleno vascular distal al stent). Hay que tener presente que los stents producen atenuación de la señal, sobre todo en los extremos, lo cual dificulta el estudio de las estenosis en estas zonas, pudiendo infraestimarlas.

3. Caracterización de la placa ateromatosa

Se sabe que existen diferentes tipos de placas ateromatosas, y que en función de su composición tienen más probabili-



Figura 5: Calcificación extensa en Tronco coronario izquierdo y arteria coronaria descendente anterior, que impide la valoración de la luz coronaria.



Figura 6: Imagen de By-pass aorto-coronario permeable de vena safena a Coronaria derecha. La flecha es la anastomosis distal del injerto.



Figura 7: Visualización de la permeabilidad de un stent (flecha), sin poder valorar de forma precisa si existe grado de reestenosis.

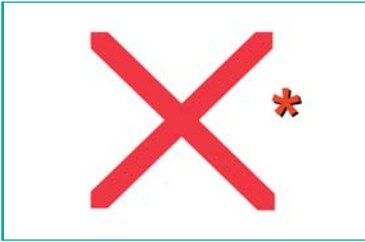


Figura 8: Imagen de Ecografía intravascular coronaria. Se puede observar una placa ateromatosa excéntrica (asterisco, remodelado positivo), con una ruptura de la cápsula fibrosa (flecha amarilla) responsable de un síndrome coronario agudo.

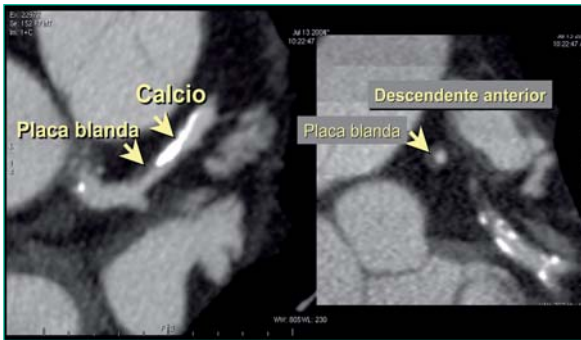


Figura 9: Placa blanda en arteria descendente anterior (se ve atenuada, sin brillo, de color negro).

dad de ruptura y por tanto de ocasionar un síndrome coronario agudo. Muchos de los infartos de miocardio proceden de placas con estenosis no muy significativas desde el punto de vista angiográfico. Se denomina placa vulnerable o de alto riesgo, a aquella placa que presenta alta probabilidad de ruptura con la consiguiente formación de trombo (suelen tener alto contenido lipídico y estar rodeadas por una cápsula fibrosa delgada). Las placas fibrosas son aquellas placas duras, con una gran cápsula fibrosa y que tienen menor tendencia a la ruptura. Muchas placas de ateroma presentan cambios en su tamaño que no se reflejan en crecimientos intraluminales, sino que crecen de forma excéntrica (remodelado positivo) (figura 8).

Muchos autores apuntan a que es más importante en cuanto al riesgo coronario, el reconocimiento de las placas moderadamente estenóticas pero que son vulnerables, que la identificación de placas con estenosis severas, que en muchas ocasiones no van a ocasionar un síndrome coronario agudo (placas duras) ^{6,20}. Con la coronariografía convencional podemos identificar las estenosis en la luz de las arterias coronarias, pero no nos permite evaluar ni la composición de la placa o si puede existir un remodelado

excéntrico (positivo). Existen trabajos preliminares que apuntan que el TC multicorte es capaz de identificar las placas no calcificadas con alto contenido lipídico (placas blandas, que pudieran ser más vulnerables), basado en medidas de atenuación (figura 9), mostrando unos hallazgos comparables a los de la ecografía intracoronaria, que es considerada hasta la fecha como la técnica de elección para el estudio de la placa coronaria ^{21,22}. No obstante el papel definitivo del TC multicorte en la caracterización de la placa coronaria está aún por definir y es necesario la realización de estudios futuros con los equipos de última generación de 64 detectores y poder así clasificar e interpretar los diferentes hallazgos.

46.4 Consideraciones para enfermería

Previo a comenzar el estudio se deben de tomar las constantes (TA, FC y saturación de O₂). Los equipos para hacer TAC coronario están dotados de aparatos compatibles para toma de TA no invasiva, monitorización ECG y pulsioxímetro. Es conveniente que obtener una buena señal ECG (electrodos bien colocados, si es necesario hay que rasurar al paciente para que el contacto con el electrodo sea el mejor posible).

A la hora de planificar un estudio coronariográfico con TAC multicorte es necesario canular vía periférica para administración de los betabloqueantes intravenosos cuando sea necesario y para

la administración del contraste yodado con el inyector automático. Es mejor canular la vía en venas de mayor grosor (mejor proximales, a nivel de la flexura del codo), pues en las venas de calibre pequeño existe el riesgo de ruptura y extravasación, a la hora de pasar el contraste yodado por la alta velocidad de infusión. Después del estudio, y antes de levantar al paciente de la camilla se toman nuevamente las constantes, pues al haber administrado betabloqueantes y/o NTG sublingual puede haber hipotensión arterial que suele ser transitoria.

Protocolo uso de betabloqueantes TC coronario

Pacientes candidatos:

Aquellos que presenten **Frecuencias cardiacas superiores a 65 lpm** en el momento de realizar la prueba. Descartar que existan contraindicaciones para uso de beta-bloqueantes (*).

Objetivo: conseguir FC entorno a 60 lpm

Protocolo

1.- Análisis de ECG de 12 derivaciones (descartar contraindicaciones)

2.- Toma de TA y FC

3.- Administración de Betabloqueante

El paciente debe estar monitorizado (TA y FC)

Metoprolol iv (Beloken ©) de 5 mg: inyección lenta de la ampolla, seguida de lavado de suero fisiológico (10 cc). **Toma de TA y FC.** Vigilar si aparecen sibilancias respiratorias. Si la frecuencia cardiaca continúa por encima de 65 lpm (y TAS superior a 100 mmHg) se podrán administrar otros 5 mg iv (otra ampolla) separada 5 minutos de la primera. Se puede repetir el procedimiento un tercera vez. Ver esquema.

Nunca administrar más de 15 mg iv (3 ampollas) de Metoprolol.

Si aparición de hipotensión sintomática, bradicardia extrema o BAV avanzado sintomático: Administración de **ATROPINA iv** (1 ampolla y media= 1,5 mg) en bolo.

Esquema

Paso 1

ECG. Toma de TA y FC. Monitorización

Paso 2

5 mg de metoprolol iv

Si TA > 100 mmHg y FC > 65 lpm Esperar 5 minutos

Paso 3

5 mg de metoprolol iv

Si TA > 100 mmHg y FC > 65 lpm Esperar 5 minutos

Paso 4

5 mg de metoprolol iv

Vigilar aparición de
disnea o sibilancias
respiratorias

Antídoto de betabloqueantes: **Atropina**. Si aparición de reacción adversa (hipotensión, bradicardia extrema, Bloqueo AV sintomático: administración de **1 ampolla y media de atropina iv (= 1,5 mg)**

(*) Contraindicaciones generales para el uso de Betabloqueantes iv

Absolutas:

Pacientes con BNCO

Antecedentes de espasmos coronarios.

Insuficiencia cardiaca grave

Relativas:

Estenosis Aórtica severa / Miocardiopatía hipertrófica obstructiva severa

Disfunción severa de VI

Trastornos en el sistema de conducción (bloqueos AV de 2º o avanzados). Cuidado en pacientes con BAV 1º grado.

Bibliografía

1. Yusuf S, Reddy S, Ounpuu S, Annad S. Global burden of cardiovascular disease: Part I: general considerations, the epidemiologic transition, risk factors and impact of urbanization. *Circulation* 2001; 104:2746-53
2. Cardiopatía Isquémica en España. Análisis de la situación 2001. Ministerio de Sanidad y Consumo. Sociedad Española de Cardiología.
3. Schoenhagen et al. "Non invasive imaging of coronar arteries: Current and future role of multi-detector Row CT". *Radiology* 232: 7-17, July 2004.
4. Giesler T, Baum U, Roper D y cols. "Non invasive visualizaron of coronary arteries using contrast-enhenced multidetector CT: influence of heart rate on image quality and stenoses detection" *Am J Roetgenol* 2002;179:911-916
5. Nieman K, Cademartiri F, Lemos PA, Raaijmakers R, Pattynama PMT, de Feyter Pj. "Reilable noninvasive coronary angiography with fast submilimeter multislice spiral computed tomography". *Circulation* 2002;106:2051
6. F.M Tardáguila Montero J Ferreirós. Monografía SERAM: Imagen cardiovascular avanzada: RM y TC.. Ed Panamericana 2004.
7. Hunold et al. " Radiation Exposure during Cardiac CT: Effective doses at multi-detector row CT and Electrom Beam CT". *Radiology* 2003, 226:145-152.
8. Ross R. "The pathogenesis of atherosclerosis". *Nature* 1993; 362:801-809
9. Roberto Wayhs, Allan Zelinger, Paolo Raggi. "High Coronary artery Calcium scores pose an Extremely elevated risk for hard events". *Journal Am Coll of Cardiol* 2002;39:225-230
10. Agastson AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. "Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography". *J Am Coll of Cardiol* 1990;15.827.
11. Becker CR, Kleffel T Crispin et cols. "Coronary artery calcium measurement : agreement of multirow detector and electrom-beam CT". *Am J Roentgenol*, 2001;176:1295-1298
12. Callister TQ, Raggi P, Cooil B, Lippolis NJ, Russo DJ, " Effect of HMG-CoA recutase inhibitors on coronary artery disease by electron-beam computed tomography. *N England Journal Med* 1998; 339: 1972-1978
13. Achenbach S, Ropers D, Pohle K et al. „Influence of Lipid-Lowering therapy on the progression of coronary artery calcification: a prospective evaluation". *Circulation* 2002; 106:1077-1082
14. Koop A, Kúttner A, Heuchmid M y cols. "Multidetector-row CT cardiac imaging with 4 and 16 Slices for coronary CTA and imaging of atherosclerotic plaques". *Eur Radiol* 2002; 12: 17-24.
15. Ropers D, Braum U, Pohle K, et al. „Detection of coronary stenoses with thin-slice multidetector row spiral computed tomography and multiplanar recontruction". *Circulation* 2003;107:664-666
16. Nieman K, Oudkerk M, Rensinf BJ, Et al. „Coronary angiography with multi-slice computed tomography". *Lancet* 2001; 357:599-603
17. Engelman MG, von Smekal A, Knez A, et al. " Accuracy of spiral computed tomography for identifying arterial an venous coronary graft patency". *Am J Cardiol* 1997;80:569-574.
18. Thomas Schlosser, Thomas Kornoza, Peter Hunold, Hilmar Kúhl, Axel Schmermund, Jorg Barkhausen. „Noninvasive visualaization of coronary artery by-pass graft using 16-detecto row computed tomography". *J Am Coll Cardiol* 2004;44;1224-29.
19. Cheng Hong et al. *Radiology* 2004; 233: 286-291
20. Schoenhagen P, Ziada K, Kapadia SR et al." Extent and direction of arterial remodelling in stable versus unstable coronary syndromes". *Circulation* 2000; 101:598-603
21. Gerber TC, Kuzo RS, Karstaedt N y cols. "Current results and new developments of coronary angiography with use of contrast enhancement computed tomography of the heart" *Mayo Clin Proc*, 2001;7: 55-71.
22. Schroeder S, Kopp AF, Baumbach a et al. "Noninvasive detection and evaluation of atherosclerotic coronary plaques with multislice computed tomography". *J Am Coll Cardiol*, 2001; 37:1430-1435