

Papel del angio-TAC coronario en la clasificación precoz de los pacientes con dolor torácico agudo

Gilbert L. Raff y Kavitha M. Chinnaiyan

Department of Cardiology. William Beaumont Hospital. Royal Oak. Michigan. Estados Unidos.

La clasificación precoz de los pacientes que acuden al servicio de urgencias (SU) por un dolor torácico agudo continúa siendo difícil a pesar de la aplicación de diversas estrategias diagnósticas. Del total de pacientes que acuden por dolor torácico agudo, se diagnostican problemas no cardíacos o problemas cardíacos no isquémicos a casi un 75%, y menos del 20% de los restantes cumple criterios de síndrome coronario agudo¹⁻³. Aunque en general se puede identificar y clasificar rápidamente a los pacientes con síndrome coronario agudo y los que tienen una probabilidad muy baja de isquemia coronaria, los que presentan un riesgo de bajo a intermedio de isquemia coronaria plantean un verdadero dilema diagnóstico. Es frecuente que estos pacientes sean ingresados (en el hospital o en unidades especializadas de «dolor torácico») para una observación más prolongada y la aplicación de estrategias diagnósticas diversas, con la determinación seriada de electrocardiogramas y enzimas cardíacas y, a menudo, pruebas de estrés no invasivas⁴⁻⁶. Las exploraciones de imagen de perfusión miocárdica mediante tomografía computarizada cardíaca por emisión de fotón único (SPECT) (con o sin esfuerzo) y la ecocardiografía de estrés se han aplicado ampliamente en este contexto. Se ha demostrado que ambas modalidades de diagnóstico por la imagen aportan información adicional para facilitar la estratificación del riesgo clínico de estos pacientes^{7,8}. Sin embargo, el enfoque de la evaluación de los pacientes con dolor torácico agudo utilizando una observación más prolongada y exploraciones adicionales es costoso y laborioso, y se estima que comporta un coste de 10.000 a 12.000 millones de dólares al año tan sólo en Estados Unidos^{4,9}. Además, se sigue diagnosticando de forma errónea a un 2-8% de los pacientes con sín-

drome coronario agudo y se les da de alta equivocadamente para su traslado al domicilio, lo que hace que se duplique la mortalidad³ y constituye la causa de la mayoría de las demandas por mala práctica profesional contra los médicos del SU¹⁰.

La angiografía coronaria por tomografía computarizada coronaria (ACTC) ha sido adoptada rápidamente para la evaluación de la enfermedad coronaria (EC) en los pacientes con dolor torácico agudo. La exactitud de la ACTC para evaluar la presencia y la severidad de la EC se ha comparado ampliamente con la de la angiografía invasiva en más de 2.000 pacientes¹¹. El rendimiento diagnóstico de la ACTC depende en cierta medida de la prevalencia de la EC, y se observa una mayor exactitud (con cifras de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo del 95, el 83, el 64 y el 99%, respectivamente) en pacientes sin EC previa conocida^{12,13}. En cambio, la severidad cuantitativa de las lesiones en la ACTC no se traduce directamente en el grado de estenosis en la angiografía invasiva, posiblemente porque la ACTC tiene una flexibilidad muy superior en la evaluación de las lesiones desde múltiples ángulos de visión, y ello permite aclarar con facilidad la extensión de la enfermedad en segmentos que presentan afección difusa. En general se observa una buena correlación con la angiografía invasiva (correlación de Pearson media, $r = 0,72$) (fig. 1), pero con una desviación estándar considerable, lo cual limita su exactitud diagnóstica en la valoración cuantitativa¹⁴.

El alto valor predictivo negativo y la rapidez de la ACTC han hecho que esta técnica sea muy atractiva para su uso en la clasificación inicial rápida de los pacientes con dolor torácico agudo. Nuestro grupo describió una reducción altamente significativa del tiempo transcurrido hasta la clasificación inicial de los pacientes de riesgo bajo a intermedio (con una media de tiempo hasta el diagnóstico de 3,4 h, frente a las 15 h con la asistencia estándar, que incluía el empleo de imágenes de perfusión miocárdica), sin que hubiera complicaciones relacionadas con la prueba, diagnósticos posteriores de EC ni eventos cardíacos adversos mayores durante 6 meses de seguimiento¹⁵. Otros ensayos monocén-

Correspondencia: Dr. Gilbert L. Raff.
William Beaumont Hospital.
3601 W. 13 Mile Road. Royal Oak, MI 48073. Estados Unidos.
Correo electrónico: GRaff@beaumont.edu

Full English text available from: www.revespcardiol.org

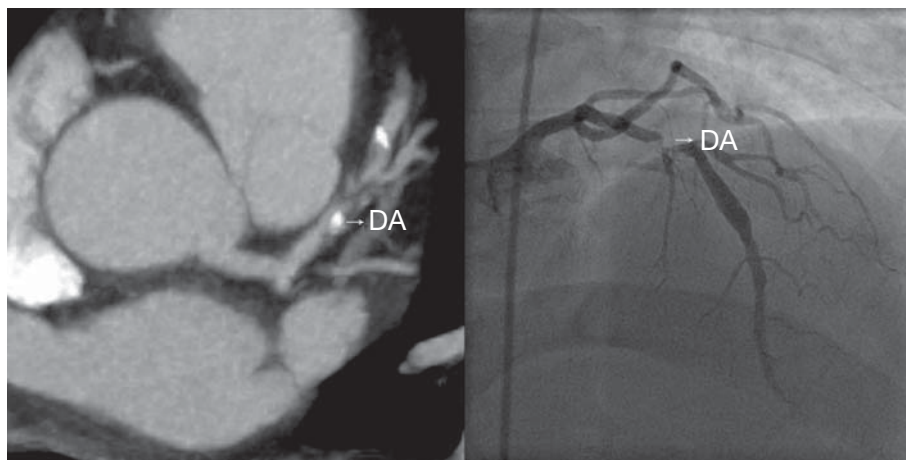


Fig. 1. ACTC de un varón de 52 años que acudió al servicio de urgencias por un dolor torácico agudo. El electrocardiograma y las enzimas cardíacas fueron normales. La ACTC reveló una lesión de alto grado en la arteria coronaria descendente anterior (DA) (panel izquierdo). Se le practicó de forma urgente un cateterismo cardíaco, en el que se confirmaron los resultados de ACTC (panel derecho). Una intervención percutánea con éxito produjo unos excelentes resultados angiográficos. ACTC: angiografía con tomografía computarizada coronaria.

tricos también han puesto de manifiesto la seguridad de la ACTC para el alta temprana de pacientes desde el SU, sin que ello comporte la aparición de eventos adversos¹⁶. En el estudio Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography (ROMICAT) recientemente publicado, Hoffmann et al¹⁷ describieron un valor predictivo negativo de la ACTC del 100% para el diagnóstico de síndrome coronario agudo o eventos cardíacos adversos mayores. Es importante señalar que la presencia de una placa aterosclerótica y la severidad de la estenosis predijeron síndrome coronario agudo (SCA) de manera independiente de los factores de riesgo coronario o de la puntuación de riesgo de Thrombolysis In Myocardial Infarction (TIMI) que se usa con frecuencia para la estratificación del riesgo coronario.

Además de proporcionar una clasificación inicial rápida de los pacientes con dolor torácico en el SU, una consideración importante para el uso de esta tecnología es la reducción de los costes absolutos. En nuestro estudio, este enfoque produjo una disminución de los costes de un 16% (1.586 dólares en el grupo de ACTC en comparación con 1.872 dólares en el grupo de asistencia estándar)¹⁵. En un estudio realizado por Rubinshtein et al¹⁸, se demostró que la necesidad de hospitalización en los pacientes con dolor torácico agudo se reducía en casi un 50% con el enfoque basado en la ACTC. El ensayo Coronary Computed Tomography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment (CT-STAT), realizado en 16 centros, ha completado recientemente la inclusión de los 750 pacientes con riesgo bajo a intermedio asignados aleatoriamente al grupo de asistencia estándar (incluidas las imágenes de perfusión miocárdica de estrés) o al grupo de ACTC. El estudio se ha diseñado para comparar la seguridad, la exactitud y el tiempo hasta el diagnóstico, así como la relación coste/efectividad de estas dos estrategias de valoración inicial.

Signos no coronarios y no cardíacos en la ACTC

Casi 1 de cada 6 pacientes en los que no se detecta EC en la ACTC presenta signos no cardíacos que podrían explicar los síntomas de presentación¹⁹. Una exploración de ACTC estándar debe incluir un examen e informe de toda la afección que aparezca en el campo de visión cardíaco, y ello brinda la oportunidad de definir anomalías estructurales pericárdicas, miocárdicas, valvulares y vasculares, así como anomalías funcionales con el empleo de cine-TC. Los datos tridimensionales que aporta la exploración de ACTC estándar dan acceso a la anatomía torácica y abdominal alta no cardiovascular, incluido el mediastino, el hilio, la tráquea y los bronquios, el parénquima pulmonar, la pleura, la pared torácica, el esófago, el estómago, el bazo y el colon. Concretamente, la ACTC, en comparación con las pruebas de estrés, tiene la ventaja de permitir un examen simultáneo de otras estructuras no cardíacas como la aorta y las arterias pulmonares, para descartar las tres causas potencialmente mortales más importantes del dolor torácico: EC, disección aórtica aguda y embolia pulmonar. La principal dificultad técnica de un protocolo de exploración para descartar estos tres posibles trastornos es la obtención de una intensidad de contraste elevada y uniforme en los tres lechos vasculares, que obliga a ajustar cuidadosamente el protocolo de obtención de imágenes e inyección en cada paciente concreto. Se ha demostrado que un protocolo de inyección «trifásico» y una exploración caudocraneal aportan una buena opacificación de las arterias coronarias, pulmonares y de la aorta²⁰.

Aunque este protocolo para descartar los tres trastornos (*triple rule out*) permite diagnosticar multitud de alteraciones cardíacas y no cardíacas, no debe usarse a no ser que haya un alto grado de sospecha de dos de las tres afecciones en cuestión,

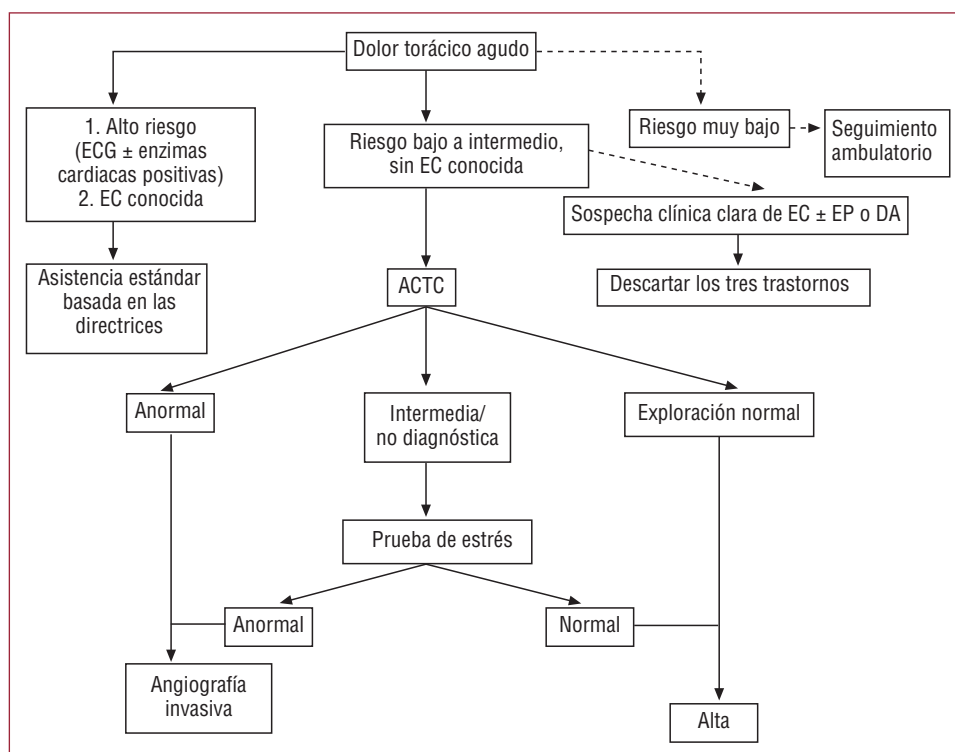


Fig. 2. Algoritmo propuesto para el protocolo basado en la ACTC para la evaluación del dolor torácico agudo en pacientes del servicio de urgencias. ACTC: angiografía con tomografía computarizada coronaria; DA: disección aórtica aguda; EC: enfermedad coronaria; ECG: electrocardiograma; EP: embolia pulmonar.

puesto que los estudios previos de pacientes con dolor torácico agudo han mostrado que la incidencia de una embolia pulmonar «oculta» o una disección aórtica en pacientes sin signos o síntomas que lo sugieran es muy baja²¹. Además, la dosis de radiación es directamente proporcional a la duración de la exploración, y aumenta en un 30-50% en las exploraciones encaminadas a descartar los tres trastornos. No obstante, los nuevos escáneres de TC de 320 cortes pueden requerir una dosis de radiación muy inferior al emplear este protocolo²².

Obstáculos para el uso de la ACTC en el SU

La ACTC tiene varias limitaciones importantes que afectan a su utilidad en la clasificación inicial de los pacientes con dolor torácico agudo en el SU. La forma de presentación clínica y la estratificación del riesgo de los pacientes que acuden con dolor torácico agudo es de capital importancia para la selección de los pacientes a los que se va a practicar una ACTC (fig. 2). Incluso con los escáneres de TC de nueva generación de 64 cortes, la calidad de la imagen está correlacionada de forma inversa con la frecuencia cardíaca, lo cual obliga a utilizar una premedicación con bloqueadores beta para reducirla durante la adquisición de las imágenes en la mayoría de los pacientes. Casi un 15% de los pacientes del SU presentan alguna contraindicación para la administración de bloqueadores beta, lo cual hace que la ACTC no sea apropiada en esos

casos²¹. Los escáneres de doble fuente y otros aparatos recientes pueden obviar la necesidad de administrarles a tales pacientes. Además, dado que la sincronización con el ECG es crucial para la obtención de imágenes coronarias, cualquier arritmia, ectopia o artefacto del ECG comporta una degradación de la calidad de la imagen. En la actualidad, la ACTC en la fibrilación auricular es una exploración más difícil y requiere protocolos de adquisición y reconstrucción especializados. Las nuevas mejoras de los escáneres pueden permitir la adquisición de la información en un solo latido cardíaco, lo cual permite obtener resultados de alta calidad de manera uniforme en presencia de arritmias.

La presencia de una calcificación coronaria extensa que oculte la luz coronaria puede limitar sustancialmente el análisis de segmentos o incluso de arterias enteras mediante ACTC. Así pues, esta técnica puede tener una aplicación limitada en pacientes con una probabilidad elevada de presentar calcificaciones coronarias importantes, como los ancianos o los pacientes con puntuaciones de calcio previas > 1.000 unidades Agatston²³. De igual modo, los pacientes con una EC preexistente presentan a menudo calcificaciones coronarias extensas, lesiones coronarias de severidad intermedia conocidas y/o son portadores de *stents* coronarios que causan artefactos metálicos o injertos de *bypass* coronario previo con unos vasos nativos muy calcificados y unas arterias coronarias distales de pequeño calibre. En esta situación, la cuestión no es la presencia o el grado de EC, sino el

papel que desempeña en los síntomas de isquemia que esté sufriendo el paciente. Esta cuestión puede responderse mejor con pruebas fisiológicas que con exploraciones anatómicas.

La obesidad aumenta la dispersión de la radiación en el cuerpo del paciente y, por consiguiente, degrada la calidad de las imágenes debido a la reducción del cociente señal/ruido. Todos estos factores reducen la exactitud diagnóstica de la ACTC y hacen que probablemente no sea apropiada para la clasificación inicial en el SU de los pacientes con un índice de masa corporal > 39 . Los escáneres de doble fuente constituyen un avance técnico que ha ampliado la posibilidad de uso de la ACTC en pacientes con obesidad mórbida, con una buena calidad de imagen²³.

La exposición a la radiación es una consideración importante en la ACTC, pues da lugar a un riesgo atribuible de cáncer durante la vida que no es desdéniable y se debe comparar con los posibles efectos beneficiosos obtenidos, sobre todo en poblaciones especialmente sensibles como las mujeres de menos de 45 años de edad²³. Las técnicas de reducción de la dosis y el cuidado para evitar los errores técnicos son de capital importancia. Puede modificarse la dosis de radiación mediante un ajuste del voltaje del tubo, la corriente del tubo, la inclinación y el tiempo de exploración. Puede conseguirse una reducción adicional de la dosis de radiación con el empleo de un voltaje de tubo inferior (p. ej., 100 kV en pacientes no obesos)²³. Algunos grupos han investigado recientemente el uso de una sincronización tan sólo «prospectiva» (en la que la adquisición de los datos se realiza únicamente durante un segmento corto de la diástole) en pacientes con una frecuencia cardíaca baja y muy estable; ello hace que las dosis totales de radiación sean < 5 mSv, sin comprometer la calidad de la imagen en comparación con la sincronización retrospectiva²⁴.

Una consideración importante es que la ACTC, al igual que la angiografía invasiva, delimita solamente la anatomía y, por lo tanto, sólo puede inferir las repercusiones que pueda tener una determinada afectación luminal en el flujo sanguíneo coronario. La evaluación anatómica de las coronarias es muy tranquilizadora clínicamente cuando los vasos son normales o están mínimamente afectados, y puede predecir de manera fiable la trascendencia fisiológica de las estenosis muy severas. Sin embargo, los datos anatómicos en sí tienen limitaciones para evaluar la trascendencia fisiológica de las estenosis de «severidad intermedia» (estenosis del diámetro luminal de un 30-70%). Para determinar si estas lesiones definidas anatómicamente son la causa de los síntomas o se trata de «testigos inocentes», es precisa una valoración mediante la determinación fisiológica del flujo sanguíneo coronario²⁵.

Es necesario un enfoque de equipo para aplicar un protocolo de clasificación inicial en el SU basado en la ACTC. Los médicos del SU y los expertos en la interpretación de la ACTC deben tener una formación adecuada sobre la aplicación y las limitaciones inherentes a la ACTC. La selección de los pacientes debe ser rigurosa para evitar la posible sobreutilización de la ACTC y evitar una radiación innecesaria.

Perspectivas futuras

La aterosclerosis de las arterias coronarias es un proceso dinámico, con periodos de enfermedad estable intercalados con otros de inestabilidad y aumento rápido del volumen de la placa²⁶. Además, la mayoría de los infartos agudos de miocardio se deben a placas ateroscleróticas que previamente habían mostrado estenosis $< 50\%$ en la angiografía²⁷. La caracterización de la placa, además de su severidad, puede ser especialmente importante en pacientes con dolor torácico. En un estudio en el que se examinó a pacientes con SCA, se describió una morfología de la placa similar a la observada en la angiografía invasiva, con características de rotura de placa como límites difusos en la lesión, remodelado positivo, ulceración y penetración del contraste en el interior de la placa²⁸. Hoffmann et al²⁹ han demostrado una carga de placa superior y un mayor remodelado en pacientes con SCA que los que tienen angina estable. Sin embargo, en la actualidad, la caracterización de la placa se limita a las imágenes de muy alta calidad y puede no ser aplicable a la práctica clínica habitual.

La TC cardíaca también tiene potencial para la evaluación de la perfusión y la viabilidad del miocardio. El análisis cuantitativo de la perfusión miocárdica se basa fundamentalmente en diferencias de los valores de atenuación de TC y en la capacidad de evaluar adecuadamente áreas de hipoatenuación miocárdica, que indican disminución de la perfusión del miocardio³⁰. Esta aplicación puede ser de utilidad en los pacientes del SU con dolor torácico y lesiones de severidad «intermedia», con la posibilidad de realizar todos los análisis requeridos simultáneamente en un solo estudio.

Conclusiones

Históricamente, la evaluación de los pacientes con dolor torácico agudo en el SU ha comportado la realización de pruebas diagnósticas laboriosas y costosas. La investigación preliminar indica que la aplicación de la ACTC podría revolucionar la evaluación de pacientes adecuadamente seleccionados. Se están realizando ensayos multicéntricos para determinar si pueden confirmarse estos resultados

prometedores que provienen fundamentalmente de estudios monocéntricos. Aunque el futuro de esta tecnología parece prometedor, las limitaciones y los riesgos, en especial los de la exposición a la radiación, deben analizarse cuidadosamente antes de la selección de pacientes para la ACTC.

BIBLIOGRAFÍA

- Kohn MA, Kwan E, Gupta M, Tabas JA. Prevalence of acute myocardial infarction and other serious diagnoses in patients presenting to an urban emergency department with chest pain. *J Emerg Med*. 2005;29:383-90.
- Lee TH, Rouan GW, Weisberg MC, Brand DA, Acampora D, Stasiulewicz C, et al. Clinical characteristics and natural history of patients with acute myocardial infarction sent home from the emergency room. *Am J Cardiol*. 1987;60:219-24.
- Pope JH, Aufderheide TP, Ruthazer R, Woolard RH, Feldman JA, Beshansky JR, et al. Missed diagnoses of acute cardiac ischemia in the emergency department. *N Engl J Med*. 2000;342:1163-70.
- Braunwald E, Antman EM, Beasley JW, Califf RM, Cheitlin MD, Hochman JS, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for the management of patients with unstable angina and non-ST-segment elevation myocardial infarction —summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (Committee on the Management of Patients With Unstable Angina). *J Am Coll Cardiol*. 2002;40:1366-74.
- Hamm CW, Goldmann BU, Heeschen C, Kreyman G, Berger J, Meinertz T. Emergency room triage of patients with acute chest pain by means of rapid testing for cardiac troponin T or troponin I. *N Engl J Med*. 1997;337:1648-53.
- Tatum JL, Jesse RL, Kontos MC, Nicholson CS, Schmidt KL, Roberts CS, et al. Comprehensive strategy for the evaluation and triage of the chest pain patient. *Ann Emerg Med*. 1997;29:116-25.
- Heller GV, Stowers SA, Hendel RC, Herman SD, Daher E, Ahlberg AW, et al. Clinical value of acute rest technetium-99m tetrofosmin tomographic myocardial perfusion imaging in patients with acute chest pain and nondiagnostic electrocardiograms. *J Am Coll Cardiol*. 1998;31:1011-7.
- Sicari R, Pasanisi E, Venneri L, Landi P, Cortigiani L, Picano E. Stress echo results predict mortality: a large-scale multicenter prospective international study. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41:589-95.
- McCaig LF, Burt CW. The national hospital ambulatory medical care survey: 2003 emergency department summary. *Adv Data*. 2005;358.
- Lee TH, Goldman L. Evaluation of the patient with acute chest pain. *N Engl J Med*. 2000;342:1187-95.
- Hamon M, Biondi-Zoccai GG, Malagutti P, Agostoni P, Morello R, Valgimigli M. 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;48:1896-910.
- Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, Gitter M, Sutherland J, Halamert E, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52:1724-32.
- Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, Arbab-Zadeh A, Niinuma H, Gottlieb I, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *N Engl J Med*. 2008;359:2324-36.
- 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.
- Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW, Ross MA, O'Neill BJ, Raff GL. A randomized controlled trial of multi-slice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49:863-71.
- Hollander JE, Chang AM, Shofer FS, McCusker CM, Baxt WG, Litt HI. Coronary computed tomographic angiography for rapid discharge of low-risk patients with potential acute coronary syndromes. *Ann Emerg Med*. 2009;53:295-304.
- Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU, Nichols JH, Rogers IS, Seneviratne SK, et al. Coronary computed tomography angiography for early triage of patients with acute chest pain: the ROMICAT (Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:1642-50.
- Rubinshtein R, Halon DA, Gaspar T, Jaffe R, Goldstein J, Karkabi B, et al. Impact of 64-slice cardiac computed tomographic angiography on clinical decision-making in emergency department patients with chest pain of possible myocardial ischemic origin. *Am J Cardiol*. 2007;100:1522-6.
- Onuma Y, Tanabe K, Nakazawa G, Aoki J, Nakajima H, Ibukuro K, et al. Noncardiac findings in cardiac imaging with multidetector computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48:402-6.
- Vrachliotis TG, Bis KG, Haidary A, Kosuri R, Balasubramaniam M, Gallagher M, et al. Atypical chest pain: coronary, aortic, and pulmonary vasculature enhancement at biphasic single-injection 64-section CT angiography. *Radiology*. 2007;243:368-76.
- Gallagher MJ, Raff GL. Use of multislice CT for the evaluation of emergency room patients with chest pain: the so-called "triple rule-out". *Catheter Cardiovasc Interv*. 2008;71:92-9.
- Hein PA, Romano VC, Lembcke A, May J, Rogalla P. Initial experience with a chest pain protocol using 320-slice volume MDCT. *Eur Radiol*. 2009;19:1148-55.
- Chinnaiyan KM, McCullough PA. Optimizing outcomes in coronary CT imaging. *Rev Cardiovasc Med*. 2008;9:215-24.
- Shuman WP, Branch KR, May JM, Mitsumori LM, Lockhart DW, Dubinsky TJ, et al. Prospective versus retrospective ECG gating for 64-detector CT of the coronary arteries: comparison of image quality and patient radiation dose. *Radiology*. 2008;248:431-7.
- Goldstein J. CT angiography to deduce coronary physiology. *Cathet Cardiovasc Interv*. 2009 [en prensa].
- Libby P, Ridker PM. Inflammation and atherothrombosis: from population biology and bench research to clinical practice. *J Am Coll Cardiol* 2006;48 Suppl A:A33-46.
- Little WC, Constantinescu M, Applegate RJ, Kutcher MA, Burrows MT, Kahl FR, et al. Can coronary angiography predict the site of a subsequent myocardial infarction in patients with mild-to-moderate coronary artery disease? *Circulation*. 1988;78:1157-66.
- Goldstein JA, Dixon SR, Safian RD, Hanzel GS, Grines CL, Raff G. Computed tomographic angiographic morphology of invasively proven complex coronary plaques. *J Am Coll Cardiol Imag*. 2008;1:249-51.
- Hoffmann U, Moselewski F, Nieman K, Jang IK, Ferencik M, Rahman AM, et al. Noninvasive assessment of plaque morphology and composition in culprit and stable lesions in acute coronary syndrome and stable lesions in stable angina by multidetector computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47:1655-62.
- Cury RC, Nieman K, Shapiro MD, Nasir K, Brady TJ. Comprehensive cardiac CT study: evaluation of coronary arteries, left ventricular function, and myocardial perfusion —is it possible? *J Nucl Cardiol*. 2007;14:229-43.