

## IMAGEM NA CARDIOPATIA ISQUEMICA. TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE CORONÁRIAS

Dr. Carlos Jader Feldman \*  
Dr. Luis Maria Yordi \*\*

INSTITUTO DE CARDIOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL/  
FUNDAÇÃO UNIVERSITÁRIA DE CARDIOLOGIA

\* Chefe do Serviço de Radiologia do Instituto de Cardiologia do RS / Fundação Universitária de Cardiologia.  
\*\* Cardiologista intervencionista do Instituto de Cardiologia do RS / Fundação Universitária de Cardiologia

### Endereço para correspondência:

Dr. Carlos Jader Feldman - Unidade de Pesquisa do IC/FUC. Av. Princesa Isabel, 370 Santana Porto Alegre, RS, 90.620-001.  
feldman@sidiitda.com.br / editoracao-pc@cardiologia.org.br

### RESUMO

A TCMD para estudo das artérias coronárias é uma técnica emergente com rápida difusão como estratégia diagnóstica. A performance desta técnica progrediu de maneira significativa com a introdução da sincronização do eletrocardiograma e de equipamentos com 64 detectores. A próxima etapa está ligada à maior definição da imagem do ateroma bem como à redução dos artefatos de movimento. São necessários estudos mais amplos para avaliar o custo-efetividade da TCMD e o valor prognóstico desta técnica. Esperam-se ensaios clínicos validando a TCMD em pacientes assintomáticos e na avaliação completa da carga da placa em pacientes de baixo, intermediário e alto risco. Também são necessários estudos randomizados com grande número de pacientes com seguimento de longo prazo (5 a 10 anos) e estudos avaliando o efeito do exame em eventos duros, como morte e infarto do miocárdio. O conjunto destas evidências definirá o verdadeiro papel da TCMD nas diversas apresentações clínicas da cardiopatia isquêmica [1].

Atualmente, no entanto, o índice preditivo negativo elevado, para lesões obstrutivas, obtido pelo método, aponta para sua crescente indicação. O mesmo acontece para o estudo das pontes cirúrgicas, dos stents e das anomalias coronarianas.

### TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

#### 1. Breve Descrição do Método

Os exames de imagem são fundamentais para a prática atual da cardiologia.

O desenvolvimento da Tomografia Computadorizada (TC) iniciou-se em 1972, e está em constante aprimoramento. A TC foi descoberta por Sir Godfrey Newbold **Hounsfield**, o que lhe valeu o prêmio Nobel de Medicina em 1979. Basicamente, trata-se de uma técnica que, utilizando Raio-X, permite a obtenção de imagens axiais de fina espessura, com excelente resolução espacial. O feixe de Rx, atravessando o objeto a ser estudado, é coletado por detectores que permitem a digitalização dos sinais recebidos, transformando-os em elementos de imagem (Pixels) com dimensões conhecidas. Cada Pixel informa o grau de atenuação sofrida pelo Rx através do segmento examinado.

As imagens obtidas contêm diferentes graus de atenuação, medida em unidades **Hounsfield**. Esta atenuação depende da densidade física relacionada ao número atômico do objeto examinado. Logo, a imagem obtida depende da diferença de atenuação de seus vários componentes.

A grande diferença em número atômico entre o cálcio, os tecidos

moles, a água e a gordura, permite identificar as estruturas que compõe a imagem.

O desenvolvimento técnico da TC tem permitido obter imagens de alta qualidade das artérias coronárias, com apreciável resolução espacial e temporal, tornando esta técnica não-invasiva a única que permite visualização "in vivo" da anatomia das artérias coronárias e suas lesões.

O aumento progressivo do número e da qualidade dos detectores, bem como da velocidade da rotação do tubo de Rx, aliados ao progresso dos computadores de estações de trabalho, permitem obter imagens reformatadas de alta qualidade, no que se refere às artérias coronárias. Além do mencionado, a sincronização com as diferentes fases do eletrocardiograma representa inestimável avanço, pois permite a análise, inclusive, de aspectos funcionais do coração. Desde então, exames das artérias coronárias são efetuados com aparelhos de Tomografia Computadorizada de Múltiplos Detectores (TCMD), idealmente com 64 ou mais detectores. Deve-se ressaltar que as imagens obtidas permitem o diagnóstico de problemas não apenas nas coronárias, mas no restante das estruturas cardíacas e extracardíacas adjacentes. (**Figura 1**).

#### 2. Indicações

A realização da tomografia das artérias coronárias concentra-se em dois objetivos:

**a) Escore de Cálcio (EC):** A TC permite visualização e quantificação do cálcio depositado nas artérias coronárias.

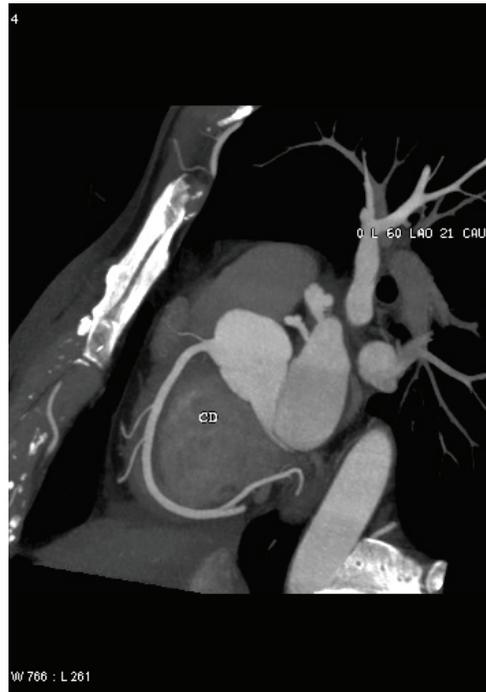
O cálcio nas artérias coronárias é considerado como resultado da aterosclerose. O depósito de cálcio nas artérias é um processo ativo.

A presença de cálcio é específica para aterosclerose de artérias coronárias, não sendo, no entanto, específica para redução de calibre destes vasos.

Em 1990, Agatston publicou trabalho [2] sobre o escore de cálcio, resultante do produto da área e da densidade máxima da placa calcificada.

Considerando-se, então, a presença de cálcio como um biomarcador útil para o rastreamento da aterosclerose de coronária, vários estudos foram desenvolvidos para validar o escore de cálcio na prática clínica.

O escore de cálcio é obtido de forma rápida, utilizando-se baixa radiação, sem injeção de contraste radiológico, sendo o resultado fornecido por programação de computador.



**Figura 1 - Artéria coronária direita normal em reconstrução multiplanar (MPR).**

A relação da presença de cálcio com doença obstrutiva de coronária tem sido extensamente estudada. Há uma probabilidade aumentada de doença obstrutiva com o aumento da quantidade de cálcio. No entanto, lesões obstrutivas podem não conter cálcio e lesões calcificadas podem não ser obstrutivas [3].

Comparando o resultado do escore de cálcio obtido com outros de pessoas da mesma idade e sexo, foi criado um percentil de cálcio de acordo com a idade [4]. A quantidade de cálcio depositada nas artérias coronárias aumenta com a idade, e as mulheres têm quantidade equivalente ao homem, com uma década de diferença a seu favor. (Tabela 1).

O escore de cálcio de 1 – 10 é considerado mínimo, 11 – 100, leve, 101 – 400, moderado e acima de 400, severo.

Numerosas publicações demonstraram que a presença de cálcio nas artérias coronárias tem forte poder preditivo de eventos cardíacos futuros em pacientes assintomáticos [5, 6]. No entanto, não há evidência de benefício do tratamento de pacientes, baseado apenas no escore de cálcio.

Segundo as diretrizes da SBC [7], a publicação do grupo de trabalho do *ES of Cardiol and E Council of Nuclear Cardiology* [8] e a Declaração Científica da AHA [9], a avaliação do escore de cálcio permite as seguintes considerações:

1º: escore de cálcio negativo (EC = 0) indica baixa probabilidade de doença arterial coronária e de eventos futuros,

2º: ausência de calcificação coronária é preditiva de baixo risco em 2 – 5 anos,

3º: escore de cálcio positivo confirma aterosclerose coronariana,

4º: valor de EC alto (> 400 ou percentil > 75 para idade

e sexo), significa risco moderado a alto de evento cardíaco em 2 – 5 anos,

5º: EC é um preditor independente de eventos e acrescenta valor prognóstico em relação aos fatores de risco tradicionais de Framingham e a proteína C - reativa,

6º: o EC pode alterar a conduta clínica em pacientes de risco intermediário.

As recomendações para o uso do EC são:

- Indicações Classe I
  - Pacientes assintomáticos com risco intermediário de eventos (10 – 20%, em 10 anos) pelos critérios de Framingham.
- Indicação Classe II a
  - Pacientes assintomáticos com histórico familiar de DAC precoce.
- Indicação Classe III
  - Pacientes de baixo risco pelo escore Framingham
  - Pacientes de alto risco pelo escore Framingham (+ de 20% em 10 anos).
  - Seguimento da evolução do escore de cálcio.

**b) Artérias Coronárias:** Até o surgimento da TCMD, o único método existente para avaliar a anatomia das artérias coronárias *in vivo* era a coronariografia invasiva que, a despeito dos inconvenientes, continua como padrão-ouro para diagnóstico de doença obstrutiva.

As evidências para validar a TCMD como método capaz de quantificar lesões das artérias coronárias estão em andamento.

**Tabela 1 – Percentil de Cálcio: Escore em função da idade.**

IDADE	40 – 45	46 - 50	51 -55	56 - 60	61 - 65	66 - 70	71 - 75
<b>HOMENS</b>	10	0	0	0	1	1	3
25	0	1	2	5	12	30	69
50	2	3	15	54	117	166	350
75	11	36	110	229	386	538	844
90	69	151	343	588	933	1151	1654
<b>MULHERES</b>	10	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	1	4
50	0	0	1	1	3	25	51
75	1	2	6	22	68	148	231
90	4	21	61	127	208	327	698

Várias publicações [9-15] têm indicado as possibilidades de identificar as características da placa de ateroma, bem como estabelecer níveis de estenose. Num estudo prospectivo envolvendo 230 pacientes, em 16 centros, Budoff [11] identificou significativa acurácia para detecção de lesões obstrutivas em coronárias, comparativamente com a cinecoronariografia. Para lesões de até 50% de redução luminal constatou-se sensibilidade de 95%, especificidade de 83%, valor preditivo positivo 64% e valor preditivo negativo 99%. Para lesões de 70% ou mais de estenose, verificou-se 94%, 83%, 43% e 99% respectivamente. Observou-se significativa redução da especificidade nos pacientes com EC acima de 400. Neste ensaio clínico, os equipamentos utilizados eram de 64 detectores com resolução espacial de 0,3 a 0,4 mm, permitindo avaliar vasos de pequeno calibre (menor que 2 mm de diâmetro) e estavam incluídos pacientes com escore de cálcio elevado e massa corporal acima de 30 kg/m<sup>2</sup>. O valor preditivo negativo de 99% suporta a idéia da importância do método para excluir a doença obstrutiva de coronárias em pacientes sintomáticos com probabilidade intermediária nos pré-testes.

A superioridade diagnóstica dos equipamentos com 64 detectores sobre os 16 detectores foi avaliada na meta-análise de Hamon [13]. Os aparelhos de 64 detectores permitem exames mais rápidos, com menor tempo de apneia, reduzindo artefatos de movimento ou devido a variações do ritmo cardíaco, possibilitando análise de artérias de menor calibre.

Na re-estenose intrastent com aparelhos de 16 detectores, a avaliação do lumen intrastent era dificultada pelos artefatos causados pela malha metálica destas endopróteses. Com o advento de 64 detectores e algoritmos de reconstrução dedicados, com filtros especiais, as informações se tornaram mais confiáveis.

Estudos comparando a eficiência da TCMD em relação à cinecoronariografia para avaliação de stents, mostram sensibilidade de 91% e especificidade de 94% (IC 95% 85 – 96 e IC 95% 91 – 95 respectivamente). Enquanto o valor preditivo negativo é de 98%, o valor preditivo positivo é de 63% [8, 16]. A presença de calcificação, o pequeno calibre do stent, stents sobrepostos, determinadas malhas de stent e artefatos de movimento prejudicam a avaliação do stent intra-coronário pela TCMD. No entanto, os trabalhos atuais sugerem que a exclusão de re-estenose pode ser obtida, com confiança considerável [16], porém a indicação rotineira da TCMD para avaliação do stent na atualidade ainda não está validada [16].

Sabemos que após 5 anos de cirurgia de **revascularização do miocárdio** 25% dos enxertos estarão ocluídos. Enquanto os enxertos arteriais permanecem livres de lesão obstrutiva, na maioria dos pacientes as pontes de safena, com alguma frequência, desenvolvem doença obstrutiva que pode resultar

em isquemia do miocárdio.

A menor mobilidade e o maior calibre dos enxertos favorecem a obtenção de imagens fidedignas para avaliar a existência de obstruções. A presença de cliques metálicos pode prejudicar a avaliação do enxerto e da anastomose de mamária.

Na avaliação de 397 enxertos examinados com TC 64 detectores [17], Meyer e colaboradores encontraram, comparando com a cinecoronariografia, sensibilidade de 100%, especificidade de 92%, valor preditivo positivo 93% e valor preditivo negativo de 100%.

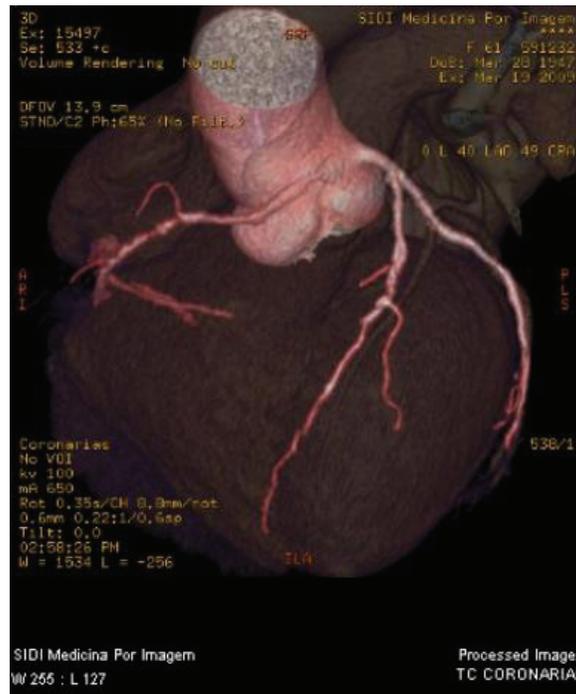
A TCMD está indicada quando há necessidade de definir a patência do enxerto, em particular quando ocorreu falha de visualização do mesmo durante a cinecoronariografia. Em nossa opinião, a tendência é que a Tomografia seja o exame preferencial para o estudo dos enxertos, inclusive para o planejamento terapêutico por cateter. (**Figura 2**).

**Anomalias** de origem e de trajeto das artérias coronárias ocorrem em 1% da população e, na maioria dos casos não representam risco ao paciente. No entanto, algumas situações, como trajeto anômalo entre a aorta ascendente e tronco da artéria pulmonar, a origem anômala de uma coronária principal no tronco da artéria pulmonar, ou ainda, má-formações artéριοvenosas de grande fluxo, podem ser responsáveis por importante isquemia ou morte súbita. Eventualmente, a identificação da origem ou do trajeto de uma coronária anômala pode ser difícil com a cinecoronariografia.

A obtenção de imagens tridimensionais com a TCMD permite identificar, com precisão, não só a origem, mas o trajeto e a relação com estruturas vizinhas, das artérias anômalas [18, 19].

É recomendação de primeira escolha a TCMD na investigação de anomalia coronariana. Como frequentemente trata-se de paciente jovem, aconselha-se manter as menores doses de radiação possível. (**Figura 3**)

A possibilidade de diagnosticar causas de **dor torácica** com a Tomografia Computadorizada tem despertado grande interesse desta técnica em situações de emergência. Com protocolos específicos, pode-se avaliar as artérias coronárias, a circulação pulmonar (embolia) e a aorta torácica (dissecção) de forma simultânea. Em ensaio clínico recente, pacientes com dor torácica e baixo risco para coronariopatia foram selecionadas para TCMD ou avaliação padrão (biomarcadores). Os pacientes com resultado normal no TCMD eram liberados para casa. O grupo submetido à avaliação bioquímica e o grupo com TCMD não conclusiva eram submetidos a cintilografia miocárdica com esforço. Sendo normal este teste, eram liberados. Todos os pacientes com cintilografia positiva e com TCMD mostrando lesão severa de coronárias eram submetidos a cinecoronariografia; um total de 197 pacientes



**Figura 2 - Origem anômala das artérias coronárias em reconstrução tridimensional (3D).**

completaram o estudo. A TCMD, como único teste diagnóstico, foi capaz de identificar ou excluir doença de coronária em 75% dos pacientes no braço TCMD. No entanto, esta estratégia apresenta várias limitações, em particular devido à impossibilidade de determinar a repercussão fisiológica das lesões intermediárias e da possível ocorrência de imagens de baixa qualidade [20]. A indicação do exame nos pacientes com síndromes agudas deve ser adequadamente planejada.

### 3. Recomendações para uso da TCMD em artérias coronárias segundo as diretrizes da SBC [7].

- Indicação Classe I – Avaliação de anomalia de coronária,
- Indicação Classe II a – Avaliação de estenose coronária em paciente de baixa probabilidade de DAC e falta de isquemia positiva. Avaliação de enxertos cirúrgicos. Opção à cinecoronariografia no diagnóstico diferencial de cardiomiopatia isquêmica versus não isquêmica. Seguimento de doença de Kawasaki. Em pacientes com dor torácica aguda com média/alta probabilidade de DAC. Diagnóstico de re-estenose intrastent,
- Classe III – Seguimento de lesões obstrutivas de coronárias com diagnóstico prévio em método invasivo ou não.

A TCMD cardíaca tem utilidade em uma série de outras situações frequentes na prática cardiológica. Trata-se de uma grande alternativa como exame de imagem para o planejamento de estudos eletrofisiológicos, colaborando na demonstração de estruturas fundamentais, como o sistema venoso cardíaco, anatomia e mensuração do diâmetro das veias pulmonares e do átrio esquerdo, além de suas relações com o esôfago. A fusão das imagens tomográficas com o mapeamento eletrofisiológico

gera imagens de grande utilidade para localização das áreas de ablação [21]. Nas doenças pericárdicas, a tomografia pode revelar a presença de derrame e calcificações pericárdicas, sua localização e extensão, bem como estabelecer o diagnóstico diferencial com outras lesões. Nas cardiopatias congênitas, a tomografia complementa os achados detectados com outros métodos, como a ecocardiografia, a ressonância magnética cardíaca e o cateterismo, tendo utilização aumentada na demonstração anatômica de casos complexos.

#### c) Restrições e contraindicações

A TCMD para estudo das artérias coronárias é uma técnica que utiliza Raio X e contrastes radiológicos.

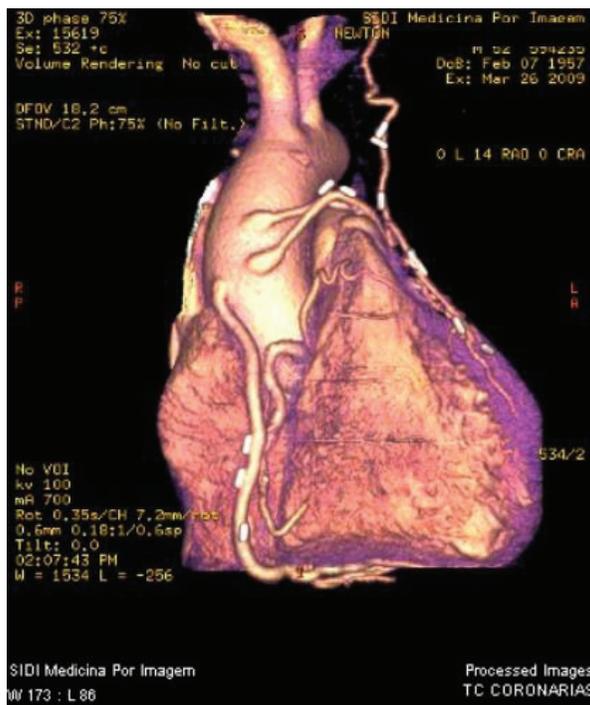
Os contrastes radiológicos têm potencial nefrotóxico e podem provocar reações adversas, de natureza alérgica.

A redução da dose de radiação tem acompanhado o desenvolvimento técnico dos equipamentos, sendo importante nas considerações de escolha do método de investigação.

Frequência cardíaca acima de 70 batimentos, presença de arritmias, calcificações severas ou cliques metálicos interferem na qualidade das imagens obtidas com a TCMD, porém o uso de betabloqueadores e de protocolos técnicos adequados podem minimizar estes aspectos negativos.

A TCMD está potencialmente contraindicada em pacientes com história de alergia grave aos contrastes radiológicos, insuficiência renal e asma severa.

A participação de uma equipe treinada e a disponibilidade de equipamentos de apoio para tratamento de intercorrências oferecem segurança ao método.



**Figura 3 - Pontes de safena e enxerto de mamaria em reconstrução tridimensional (3D).**

### Referências Bibliográficas

1. Feyter P, Schultz C. Computed tomography for screening asymptomatic subjects. A bridge too far? [editorial]. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52:366-8.
2. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M, Jr., Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *Journal of the American College of Cardiology*. 1990 Mar 15;15(4):827-32.
3. Wexler L, Brundage B, Crouse J, Detrano R, Fuster V, Maddahi J, et al. Coronary artery calcification: pathophysiology, epidemiology, imaging methods, and clinical implications. A statement for health professionals from the American Heart Association. Writing Group. *Circulation*. 1996 Sep 1;94(5):1175-92.
4. Janowitz WR, Agatston AS, Kaplan G, Viamonte M, Jr. Differences in prevalence and extent of coronary artery calcium detected by ultrafast computed tomography in asymptomatic men and women. *The American journal of cardiology*. 1993 Aug 1;72(3):247-54.
5. Greenland P, Bonow RO, Brundage BH, Budoff MJ, Eisenberg MJ, Grundy SM, et al. ACCF/AHA 2007 clinical expert consensus document on coronary artery calcium scoring by computed tomography in global cardiovascular risk assessment and in evaluation of patients with chest pain: a report of the American College of Cardiology Foundation Clinical Expert Consensus Task Force (ACCF/AHA Writing Committee to Update the 2000 Expert Consensus Document

on Electron Beam Computed Tomography). *Circulation*. 2007 Jan 23;115(3):402-26.

6. Taylor AJ, Bindeman J, Feuerstein I, Cao F, Brazaitis M, O'Malley PG. Coronary calcium independently predicts incident premature coronary heart disease over measured cardiovascular risk factors: mean three-year outcomes in the Prospective Army Coronary Calcium (PACC) project. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005 Sep 6;46(5):807-14.

7. I Diretriz de ressonância e tomografia cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2006;87(3).

8. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F, Burgstahler C, Cademartiri F, de Feyter P, et al. Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *European heart journal*. 2008 Feb;29(4):531-56.

9. Bluenke D, Achenbach S, Budoff MJ. Non invasive coronary artery imaging: Magnetic resonance angiography and multidetector computed tomography angiography. A scientific statement from the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of The Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and the Councils on Clinical Cardiology and Cardiovascular Disease in the Young. *Circulation*. 2008;118:586-606.

10. Achenbach S, Ropers D, Hoffmann U, MacNeill B,

Baum U, Pohle K, et al. Assessment of coronary remodeling in stenotic and nonstenotic coronary atherosclerotic lesions by multidetector spiral computed tomography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2004 Mar 3;43(5):842-7.

11. 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. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008 Nov 18;52(21):1724-32.

12. Choi EK, Choi SI, Rivera JJ, Nasir K, Chang SA, Chun EJ, et al. Coronary computed tomography angiography as a screening tool for the detection of occult coronary artery disease in asymptomatic individuals. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008 Jul 29;52(5):357-65.

13. 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. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006 Nov 7;48(9):1896-910.

14. Leber AW, Becker A, Knez A, von Ziegler F, Sirol M, Nikolaou K, et al. Accuracy of 64-slice computed tomography to classify and quantify plaque volumes in the proximal coronary system: a comparative study using intravascular ultrasound. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006 Feb 7;47(3):672-7.

15. Miller JM, Rochitte CE, Dewey M, Arbab-Zadeh A,

Niinuma H, Gottlieb I, et al. Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT. *The New England journal of medicine*. 2008 Nov 27;359(22):2324-36.

16. Ehara M, Kawai M, Surmely JF, Matsubara T, Terashima M, Tsuchikane E, et al. Diagnostic accuracy of coronary in-stent restenosis using 64-slice computed tomography: comparison with invasive coronary angiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007 Mar 6;49(9):951-9.

17. Meyer TS, Martinoff S, Hadamitzky M, Will A, Kastrati A, Schomig A, et al. Improved noninvasive assessment of coronary artery bypass grafts with 64-slice computed tomographic angiography in an unselected patient population. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007 Mar 6;49(9):946-50.

18. Angelini P, Velasco JA, Flamm S. Coronary anomalies: incidence, pathophysiology, and clinical relevance. *Circulation*. 2002 May 21;105(20):2449-54.

19. Datta J, White CS, Gilkeson RC, Meyer CA, Kansal S, Jani ML, et al. Anomalous coronary arteries in adults: depiction at multi-detector row CT angiography. *Radiology*. 2005 Jun;235(3):812-8.

20. Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW, Ross MA, O'Neil BJ, Raff GL. A randomized controlled trial of multi-slice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007 Feb 27;49(8):863-71.

21. Hemminger EJ, Girsky MJ, Budoff MJ. Applications of computed tomography in clinical cardiac electrophysiology. *Journal of cardiovascular computed tomography*. 2007 Dec;1(3):131-42.