
PARTE 1: DOENÇA ARTERIAL CORONÁRIA

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA CARDIOVASCULAR NA DOENÇA ARTERIAL CORONÁRIA

CARLOS EDUARDO ROCHITTE^{1,2}, CESAR NOMURA³, ROBERTO CALDEIRA CURY¹

Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo. 2009;19(3):313-20
RSCESP (72594)-1794

Atualmente a angiotomografia de coronária está largamente difundida, em nosso meio, como exame não-invasivo para avaliação de doença obstrutiva coronária, por meio de análises luminal e parietal, caracterizando o grau de estenose e a presença de placa aterosclerótica. Em decorrência de sua excelente acurácia e alto valor preditivo negativo, a tomografia vem sendo muito útil na exclusão de doença coronária obstrutiva, tornando em particular a angiotomografia excelente ferramenta para a avaliação não-invasiva das artérias coronárias.

Além disso, como ferramenta adicional para melhor estratificação e definição diagnóstica, é possível realizar uma análise compreensiva, avaliando a anatomia coronária, a função ventricular, a perfusão miocárdica e o realce tardio.

Assim, este artigo faz uma revisão das indicações clínicas atuais, abrangendo a utilização do escore de cálcio e o futuro da tomografia cardiovascular na prática clínica.

Descritores: Tomografia computadorizada. Doença da artéria coronariana.

ROLE OF CARDIOVASCULAR COMPUTED TOMOGRAPHY IN CORONARY ARTERY DISEASE

In the past few years, multidetector computed tomography has emerged as a powerful noninvasive tool to evaluate patients with coronary artery disease, by means of luminal and parietal analysis, characterizing the degree of stenosis and the presence of atherosclerotic plaque. Due to its excellent accuracy and high negative predictive value, multidetector computed tomography has been very useful to exclude significant coronary artery stenosis.

As an additional tool, it improves diagnostic accuracy and stratification, providing a comprehensive analysis of the coronary anatomy, ventricular function, myocardial perfusion and delayed enhancement.

The purpose of this article is to review the current clinical indications, including calcium score and the future of cardiovascular computed tomography in the clinical practice.

Key words: Computed tomography. Coronary artery disease.

¹ Instituto do Coração – Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (InCor/HC-FMUSP) – São Paulo, SP.

² Fleury Medicina e Saúde – São Paulo, SP.

³ Hospital Israelita Albert Einstein – São Paulo, SP.

Endereço para correspondência:

Carlos Eduardo Rochitte – Setor de Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada Cardiovascular – InCor/HC-FMUSP – Av. Dr. Enéas Carvalho de Aguiar, 44 – Andar AB – São Paulo, SP – CEP 05403-900

INTRODUÇÃO

Atualmente a angiotomografia de coronária está largamente difundida, em nosso meio, como exame não-invasivo para avaliação de doença obstrutiva coronária, caracterizando o grau de estenose e a presença da placa aterosclerótica, avaliando não somente o lúmen, mas também a parede do vaso. A literatura na detecção de doença coronária obstrutiva significativa (> 50%) mostra boa acurácia, com alta sensibilidade (82%-99%) e alta especificidade (94%-98%), comparativamente à cinecoronariografia invasiva.¹⁻⁶ Nesses estudos, destaca-se o alto valor preditivo negativo (95%-99%), sendo muito útil na exclusão de doença coronária obstrutiva, tornando em particular a angiotomografia excelente ferramenta para avaliação não-invasiva das artérias coronárias.

O avanço tecnológico dos novos tomógrafos nos permite cada vez mais uma análise global e compreensiva de todo o coração, possibilitando a avaliação conjunta, em uma única aquisição, da anatomia coronária, da função ventricular e da perfusão miocárdica⁷. Novos protocolos visando à redução da dose de radiação vêm contribuindo para a abrangência do uso da tomografia na cardiologia, destacando-se a avaliação de perfusão miocárdica após estresse farmacológico e pesquisa de realce tardio.

Dessa maneira, neste artigo serão avaliadas as indicações clínicas atuais, abrangendo a utilização do escore de cálcio (Figura 1 A) e o futuro da tomografia cardiovascular (Figura 1 B e C) na prática clínica.

CENÁRIO CLÍNICO ATUAL

As doenças cardiovasculares permanecem como a principal causa de mortalidade no Brasil e no mundo. Segundo dados na Organização Mundial da Saúde, em 2002 ocorreram 16,7 milhões de óbitos, dos quais 7,2 milhões foram por doença arterial coronária. Anualmente cerca de 330 mil pessoas morrem de doença coronária antes de chegar ao hospital nos Estados Unidos, segundo dados da *American Heart Association* (2006), muitas das quais apresentam a morte súbita como seu primeiro sintoma.

Assim, o diagnóstico precoce, por meio da avaliação clínica dos fatores de risco em associação aos métodos de estresse não-invasivos, é de fundamental importância. Desse modo, é necessário buscar nos métodos de estresse não-invasivos melhor estratificação de risco coronário da população para fornecer informações seguras quanto ao diagnóstico tanto anatômico como funcional de doença coronária obstrutiva, para planejamentos clínico e terapêutico mais adequados.

Os testes de *screening* de doença arterial coronária rotineiramente usados são: teste ergométrico, cintilografia miocárdica, ecocardiograma e ressonância nuclear magnética.

A angiotomografia de coronária, com a melhora da resolução temporal e espacial resultante do desenvolvimento dos novos tomógrafos de múltiplos detectores, vem melhorando a cada dia a acurácia do método, apresentando alto valor preditivo negativo.

Segundo dados da literatura, as indicações atuais da angiotomografia coronária incluem três grupos⁸:

1) Indicações apropriadas:

- Avaliação de dor torácica aguda em pacientes de risco intermediário com eletrocardiograma e enzimas normais.
- Suspeita de anomalia coronária.
- Avaliação de cardiopatias congênitas complexas.
- Investigação de dor torácica em pacientes sintomáticos de risco intermediário com eletrocardiograma não-diagnóstico ou incapazes de realizar exercício físico.
- Avaliação de doença aterosclerótica coronária em pacientes com testes de estresse não diagnósticos ou conflitantes.
- Avaliação das artérias coronárias de pacientes com início recente de insuficiência cardíaca, para investigar a etiologia.
- Avaliação de massa cardíaca (tumor ou trombo), quando

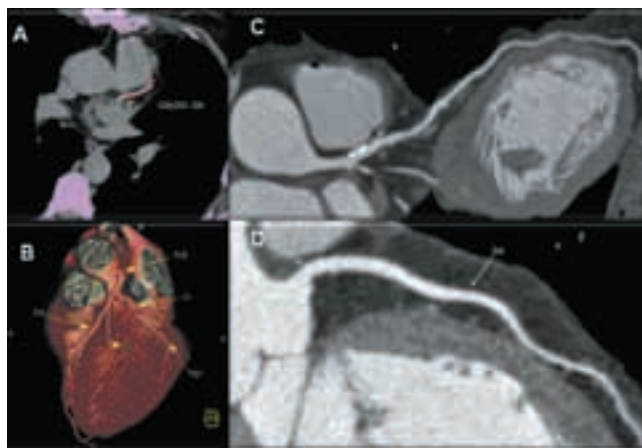


Figura 1. Em A, imagem tomográfica axial para avaliação de escore de cálcio em artéria descendente anterior. Em B, imagem tomográfica em volume tridimensional do coração e artérias coronárias. Em C, imagem curva reformatada da artéria descendente anterior, evidenciando placas calcificadas em terço proximal. Em D, imagem curva reformatada da artéria descendente anterior sem placas e sem redução luminal. Cx = artéria circunflexa; DA = artéria descendente anterior; TCE = tronco de coronária esquerda.

há limitação técnica para a realização de ecocardiograma e ressonância.

- Avaliação de pericardiopatias, quando há limitação técnica para a realização de ecocardiograma e ressonância.
- Avaliação da anatomia das veias pulmonares previamente à ablação por radiofrequência da fibrilação atrial.

2) Indicações incertas:

- Avaliação de dor torácica aguda em pacientes de risco baixo ou alto com eletrocardiograma e enzimas normais.
- Exclusão de embolia pulmonar, dissecção de aorta e doença obstrutiva coronária (*triple rule out*) em pacientes com risco intermediário para qualquer um dos diagnósticos citados anteriormente, com eletrocardiograma e enzimas normais.
- Escore de cálcio para pacientes assintomáticos de alto risco.
- Avaliação de pacientes assintomáticos, mas de alto risco de doença coronária (Framingham).
- Avaliação pré-operatória de cirurgia não-cardíaca em pacientes de risco intermediário em programação de cirurgia de porte médio ou grande.
- Avaliação de dor torácica em pacientes pós-revascularização (stent ou cirúrgica).
- Avaliação da função ventricular esquerda em pacientes pós-infarto miocárdico ou em pacientes com insuficiência cardíaca que apresentem limitações técnicas pelo ecocardiograma.
- Avaliação da função valvar nativa e protética em pacientes com limitações técnicas pelo ecocardiograma e pela ressonância cardíaca.

3) Indicações inapropriadas:

- Avaliação de pacientes sintomáticos com alta probabilidade de pré-teste de doença arterial coronária.
- Avaliação de pacientes com dor torácica aguda de alto risco para doença arterial coronária com alteração eletrocardiográfica e/ou elevação de enzimas cardíacas.
- Detecção de doença arterial coronária em pacientes assintomáticos de risco baixo ou intermediário pelos critérios de Framingham.
- Escore de cálcio para pacientes de baixo risco de doença arterial coronária (Framingham).
- Avaliação de pacientes com teste de estresse prévio evidenciando isquemia miocárdica moderada ou significativa.
- Avaliação pré-operatória de pacientes de risco intermediário em programação cirúrgica de pequeno porte.
- Avaliação de pacientes assintomáticos pós-revascularização (stent ou cirúrgica).
- Avaliação da função ventricular esquerda em pacientes pós-

infarto miocárdico ou em pacientes com insuficiência cardíaca.

ESCORE DE CÁLCIO

Nas diretrizes cardiológicas nacionais e internacionais, o uso do escore de cálcio para a estratificação de doença coronária já está bem estabelecido, com valor comprovado de risco adicional na estratificação de pacientes com risco intermediário pelo escore de Framingham, visando ao melhor planejamento terapêutico e ao controle mais rigoroso de metas.

Evidências recentes demonstram que o escore de cálcio é um preditor de doença coronária, infarto e morte em três a cinco anos. Estudos também demonstram que o escore de cálcio é um preditor independente de eventos, sobrepondo os fatores de risco tradicionais.

Estudo recentemente publicado⁹ demonstrou que o escore de cálcio fornece informações adicionais e incrementais à estratificação de risco usando o escore de risco de Framingham. Em comparação aos pacientes com escore de cálcio zero, existe risco adicional de 7,73 para os pacientes com escore de cálcio entre 101 e 300 e risco adicional de 9,67 para aqueles com escore acima de 300 ($p < 0,001$). Entre os grupos étnicos, a duplicação do escore de cálcio aumenta em 15% a 35% o risco de evento coronário maior e em 18% a 39% o risco de qualquer evento coronário⁹.

O *Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis* (MESA)¹⁰ comparou o escore de cálcio com a análise da espessura íntima-média (IMT) carotídea pelo ultrassom, demonstrando que o escore de cálcio foi o melhor teste para predizer eventos cardiovasculares. Após ajuste para cada um (escore de cálcio e IMT) e para os fatores de risco cardiovascular tradicionais, a taxa *hazard* de doenças cardiovasculares aumenta 2,1 vezes para cada desvio padrão do escore de cálcio contra 1,6 do IMT. Em relação à doença coronária, a taxa aumenta em 2,5 vezes para o escore de cálcio contra 1,2 do IMT¹⁰.

ANGIOTOMOGRAFIA DE CORONÁRIA

Uma diretriz recente da *American Heart Association* sugere como principal indicação da angiotomografia de coronárias o uso em pacientes sintomáticos de risco baixo a moderado, em decorrência de seu alto valor preditivo negativo¹¹. Em pacientes sintomáticos de risco alto com dor torácica típica, testes de perfusão ou cinecoronariografia invasiva seriam indicados, pela possibilidade tanto diagnóstica como terapêutica. Discute-se atualmente sobre qual seria o melhor teste para uso em pacientes assintomáticos com alto risco

pelo escore de risco de Framingham, que seriam pacientes diabéticos, pacientes com história familiar de doença arterial coronária prematura ou com múltiplos fatores de risco. Nesses pacientes, a angiotomografia de coronárias poderia ser um teste ideal, pela alta acurácia diagnóstica e pela rapidez do exame, mas não existem trabalhos suficientes validando o uso desse procedimento nessa população. Um trabalho recente demonstra resultados iniciais promissores para o uso de tomografia computadorizada coronária nesses pacientes¹².

Entretanto, existem problemas como a exposição à radiação em pacientes jovens e a falta de estudos a longo prazo acompanhando esses pacientes para a avaliação de eventos cardiovasculares. Também não se sabe, atualmente, até que ponto a informação das placas não-calcificadas fornece dados adicionais ao prognóstico desses pacientes em relação ao tradicional escore de cálcio. Vale ressaltar que existem técnicas novas para a redução da dose de radiação durante a angiotomografia de coronárias, como o uso da aquisição prospectiva, em que a radiação é reduzida em até 80% em doses em torno de 2 mSv e nos tomógrafos mais avançados, em < 1 mSv.

No que se refere à realização do relato/laudo do exame de angiotomografia de coronárias, é necessário seguir um padrão, segundo o qual as informações importantes devem ser disponibilizadas de forma a ajudar o clínico ou o cardiologista a definir o melhor manejo clínico do paciente após receber esses resultados. Atualmente, não é possível a quantificação precisa da estenose coronária pela angiotomografia de coronárias em decorrência do elevado desvio padrão na quantificação de estenose, variando de 16% a mais de 30% em diversos estudos^{13,14}.

Utiliza-se, portanto, uma classificação de graduação da estenose coronária em discreta, moderada e importante, de forma a guiar qual seria o próximo passo clínico (Tabela 1).

INDICAÇÕES POTENCIAIS E FUTURAS

A angiotomografia de coronárias tornou-se rapidamente

uma importante ferramenta diagnóstica, mas seu campo de aplicação dentro da área cardiovascular está apenas começando a se expandir. Nos dias de hoje, a cardiologia necessita de diversos exames complementares para avaliação completa de seus pacientes (ecocardiograma, cintilografia miocárdica, teste ergométrico, ressonância magnética e cinecoronariografia invasiva), tornando o diagnóstico e o tratamento dispendiosos para os sistemas de saúde e, muitas vezes, demorados para os pacientes. Nenhum exame atual é capaz de oferecer informações associadas da anatomia coronária e da perfusão miocárdica, o que resulta na necessidade da associação de dois exames complementares.

A análise abrangente da angiotomografia cardíaca vem ao encontro desse objetivo, oferecendo análise completa de todo o coração: anatomia cardíaca e coronária, função ventricular, perfusão miocárdica de repouso e, futuramente, perfusão miocárdica após estresse farmacológico. Todas essas informações podem ser avaliadas com dose de radiação aceitável (< 13 mSv) para o paciente, tornando esse exame bastante útil em diversos cenários clínicos.

Dor torácica aguda no pronto-socorro

A literatura referente à avaliação da tomografia de múltiplos detectores nos pacientes com síndrome coronária aguda vem crescendo rapidamente nos últimos anos¹⁵⁻¹⁸, com o objetivo de melhorar a estratificação do paciente no pronto-socorro, tornando-a mais precoce e eficaz, o que evitaria internações e exames adicionais desnecessários, acarretando menor custo para a sociedade.

A tomografia de múltiplos detectores na estratificação de dor torácica aguda vem ganhando espaço crescente no meio médico, com a criação de protocolos de estratificação de dor torácica visando à estratificação de pacientes de risco baixo e principalmente intermediário, tornando, dessa maneira, nesses grupos, o exame custo-efetivo. Na estratificação desses pacientes pela tomografia com lesão obstrutiva intermediária é obrigatório o exame funcional adicional para avaliar a repercussão clínica da lesão. Nos pacientes com coronárias normais ou mínima doença aterosclerótica, deve-se pensar em diagnósticos diferenciais (tromboembolismo pulmonar/dissecção de aorta); assim que descartadas essas etiologias da parte cardiológica, os pacientes poderão ser dispensados diretamente do pronto-socorro para casa. Os pacientes com doença coronária obstrutiva significativa deverão ser internados para a realização de cinecoronariografia invasiva. Em relação aos demais métodos não-invasivos (teste ergométrico, cintilografia de repouso e estresse) na estratificação de dor torácica no pronto-socorro, apesar de todos os métodos apresentarem alto valor preditivo negativo, somen-

Tabela 1 - Classificação da graduação da estenose

Estenose coronária (tomografia)	Conduta/Planejamento
Discreta	Modificação de fatores de risco
Moderada	Tratamento clínico
Importante	Perfusão miocárdica de estresse
	Cateterismo

te a tomografia de múltiplos detectores apresenta valor preditivo positivo acima de 50%, o que a torna mais útil em populações com maior prevalência da doença e maior risco, diminuindo o número de internações desnecessárias, quando comparada a outros métodos, e sendo mais custo-efetiva.

Deteção e caracterização da placa aterosclerótica coronária

Existem evidências crescentes na literatura de que a presença, a quantidade, a composição das placas ateroscleróticas coronárias não-calcificada e o grau de remodelação coronária podem ser mensurados com acurácia pela tomografia de múltiplos detectores, quando comparada ao ultrassom intravascular. A tomografia de múltiplos detectores 16-*slice* detectou placas calcificadas, não-calcificadas e mistas com alta sensibilidade (92%) e alta especificidade (88%), e ainda tem o potencial de estratificar a placa não-calcificada em fibrosa ou rica em lipídeos¹⁹. Além disso, a descrição de outras características sobre a vulnerabilidade da placa, como o remodelamento positivo da coronária, é factível e pode ser usada para a estratificação a curto e a longo prazos nos pacientes com dor torácica aguda²⁰.

Stent

A informação sobre a avaliação dos stents é limitada na literatura²¹⁻²³. A avaliação da patência do stent e da reestenose, mesmo com o tomógrafo de 64 detectores, é recomendada a stents com diâmetro maior que 3 mm. A avaliação de stents menores que 3 mm será limitada, em decorrência da alta densidade do próprio material do stent, dificultando a visualização intraluminal, ou da presença de artefatos da estrutura dos stents.

Avaliação de enxertos cirúrgicos

A avaliação da patência e da oclusão dos enxertos cirúrgicos pela angiotomografia apresenta alta acurácia (sensibilidade de 100%)^{24,25}. No entanto, a detecção de estenose coronária no leito nativo e na anastomose, pelo excesso de calcificação, acaba sendo superestimada, mesmo com o tomógrafo de 64 detectores.

Função ventricular

Em relação à função ventricular, diversos estudos na literatura demonstram que a fração de ejeção medida pela tomografia tem boa correlação com os outros métodos diagnósticos^{26,27}. A medida da função ventricular esquerda regional é baseada na utilização do espessamento sistólico usado no modelo de 17 segmentos da *American Heart Association*²⁸. A análise qualitativa é realizada pela visualização do

espessamento sistólico e da espessura da parede miocárdica, usando múltiplas fases do ciclo cardíaco (5%-95% fases).

Perfusão miocárdica

A perfusão miocárdica é uma área pouco explorada pela tomografia, mas bastante promissora. A análise da perfusão miocárdica foi avaliada em alguns poucos estudos no intuito de avaliar a área infartada em modelos animais, submetidos a oclusão total da artéria coronária, e compará-la a outros métodos (microbolhas e ressonância) e à anatomia patológica. Os resultados evidenciaram concordância da área de hipotenuação na tomografia com o defeito perfusional dos outros métodos e da anatomia patológica, mas com valores superestimados^{29,30}.

As perspectivas futuras demonstram grande potencial a ser desenvolvido pela angiotomografia cardíaca, envolvendo a perfusão de estresse e o realce tardio, mas para que isso se torne realidade são necessários protocolos específicos, com dose de radiação aceitável.

O estudo de perfusão com estresse está em desenvolvimento em alguns centros (Massachusetts General Hospital³¹, Escola de Medicina da Universidade Johns Hopkins e Instituto do Coração – InCor³²) após trabalhos em animais, destacando-se o estudo de angiotomografia de estresse com adenosina³³ em cachorros preparados com estenose significativa da artéria descendente anterior e comparada à perfusão, pós-estresse com adenosina, da área estenosada com o miocárdio remoto e apresentando resultados significativos ($p < 0,001$). Foi evidenciada hipotenuação da área estenosada (densidade de sinal – $92,3 \pm 39,5$ unidades Hounsfield [UH]) quando comparada ao miocárdio remoto (densidade de sinal – $180,4 \pm 41,9$ UH). Estudos em humanos estão sendo desenvolvidos, comparando a perfusão de estresse pela tomografia com outros métodos perfusionais, como a cintilografia miocárdica, mostrando-se factível no contexto clínico e com resultados semelhantes à perfusão miocárdica pela cintilografia quando comparada ao cateterismo³² (Figuras 2 e 3).

Realce tardio

O realce tardio é obtido por meio da aquisição de imagens tardias após 7-10 minutos da administração de contraste, notando-se hiperatenuação das áreas fibrosadas. Como a cinética do iodo é similar à do gadolínio, o mesmo resultado pode ser encontrado na tomografia quando comparada à ressonância magnética.³⁴ Lardo et al.³⁵ estudaram 10 cachorros submetidos a oclusão da artéria descendente anterior durante 90 minutos, por meio de balão. Após 5 minutos da administração de contraste iodado, as imagens adquiridas pela tomografia caracterizaram áreas de hiperatenuação em to-

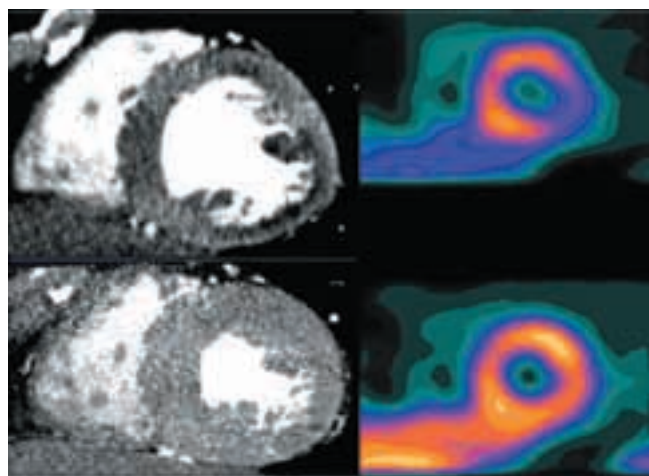


Figura 2. À esquerda, imagem em eixo curto pela tomografia da perfusão miocárdica de repouso (painel inferior) e após dipiridamol (painel superior), evidenciando área de hipoperfusão no segmento ínfero-lateral após estresse, reversível ao repouso. À direita, correlação com cintilografia miocárdica.

dos os cachorros. O sinal de atenuação da área infartada era de $260,5 \pm 56,5$ UH e do miocárdio remoto, de $133,8 \pm 10,8$ UH ($p = 0,018$). A comparação da tomografia com a anatomia patológica mostrou excelente correlação com área do infarto, transmuralidade e volume do infarto (21,4% vs. 20,8%).³⁵ Mahnken et al.³⁰ avaliaram 28 pacientes reperfundidos após infarto agudo do miocárdio que foram submetidos a tomografia, sendo adquiridas imagens de primeira passagem e tardia (15 minutos após injeção do contraste). Todos os pacientes foram submetidos a ressonância nuclear magnética. A área de infarto pela ressonância era de $31,2\% \pm 2,5\%$ por corte, comparativamente a $33,3\% \pm 23,8\%$ pela tomografia, com excelente correlação ($k = 0,878$).³⁰ É importante ressaltar a limitação da técnica de realce tardio pela tomografia de múltiplos detectores, já que envolve maior quantidade de contraste e maior radiação, pois resulta em uma segunda aquisição tardia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A angiotomografia de coronárias está se estabelecen-

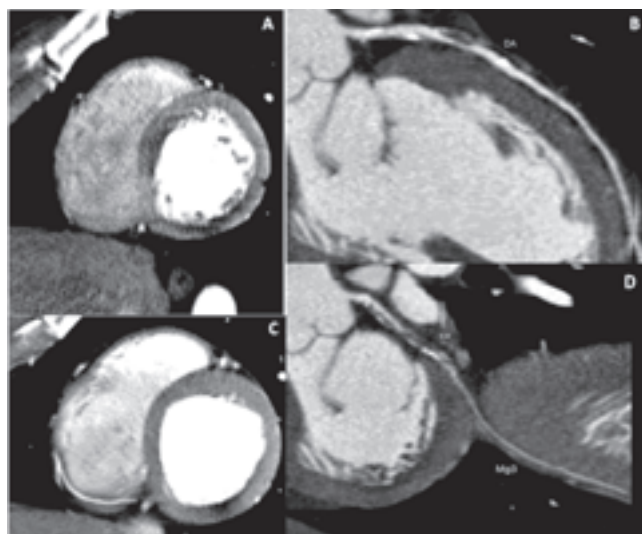


Figure 3. Imagem de paciente com 65 anos de idade, com angina aos esforços, apresentando cintilografia miocárdica com hipoperfusão transitória no segmento ínfero-lateral e submetido a angiotomografia de coronária associada a perfusão miocárdica após estresse com dipiridamol. À esquerda, imagem de tomografia em eixo curto do coração mostrando a perfusão de estresse (A) e em repouso (C), evidenciando hipoperfusão transitória ântero-septal e persistente com componente de melhora significativa ínfero-lateral. À direita, correlação com angiotomografia de coronária, evidenciando estenose significativa em artéria descendente anterior (B) e em artéria circunflexa (D). (Imagens cedidas por Cury et al. – InCor/HC-FMUSP – São Paulo, SP.) CX = artéria circunflexa; DA = artéria descendente anterior.

do no cenário clínico como método altamente eficaz na avaliação de pacientes sintomáticos de risco baixo a moderado para avaliação de estenose coronária. Com os avanços tecnológicos e estudos científicos que estão sendo realizados em diversas áreas, a tomografia cardíaca poderá fornecer informação sobre placas, estenose coronária, função global e regional, perfusão miocárdica de repouso e com estresse farmacológico, e viabilidade em um estudo abrangente, englobando todas as respostas necessárias para o cardiologista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Leschka S, Alkadhi H, Plass A, Desbiolles L, Grunenfelder J, Marincek B, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J*. 2005;26:1482-7.
2. Leber AW, Knez A, von Ziegler F, Becker A, Nikolaou K, Paul S, et al. Quantification of obstructive and nonobstructive coronary lesions by 64-slice computed tomography: a comparative study with quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:147-54.
3. Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem CA, Runza G, McFadden EP, Baks T, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation*. 2005;112:2318-23.
4. Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, Goldstein JA. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:552-7.
5. Schuijf JD, Pundziute G, Jukema JW, Lamb HJ, Salm LP, Van der Hoeven BL, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice multislice computed tomography in the non-invasive evaluation of significant coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2006;98:145-8.
6. Ropers D, Rixe J, Anders K, Kuttner A, Baum U, Bautz W, et al. Usefulness of multidetector row spiral computed tomography with 64- 0.6-mm collimation and 330-ms rotation for the noninvasive detection of significant coronary artery stenoses. *Am J Cardiol*. 2006;97:343-8.
7. Cury R, Nieman K, Shapiro M, Nasir K, Cury RC, Brady T. Comprehensive cardiac CT study: evaluation of coronary arteries, left ventricular function, and myocardial perfusion. Is it possible? *J Nucl Cardiol*. 2007 Apr;14(2):229-43.
8. Hendel R, Patel M, Kramer CM, Poon M, Carr JC, Gershtad NA, et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 Appropriateness Criteria for Cardiac Computed Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48:1475-97.
9. Detrano R, Guerci AD, Carr JJ, Bild DE, Burke G, Folsom AR, et al. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N Engl J Med*. 2008;358(13):1336-45.
10. Folsom AR, Kronmal RA, Detrano RC, O'Leary DH, Bild DE, Bluemke DA, et al. Coronary artery calcification compared with carotid intima-media thickness in the prediction of cardiovascular disease incidence: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Arch Intern Med*. 2008;168(12):1333-9.
11. Bluemke DA, Achenbach S, Budoff M, Gerber TC, Gersh B, Hillis LD, et al. Noninvasive coronary artery imaging: magnetic resonance angiography and multi-detector 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(5):586-606.
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. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52(5):357-65.
13. Cury RC, Pomerantsev EV, Ferencik M, Hoffmann U, Nieman K, Moselewski F, et al. Comparison of the degree of coronary stenoses by multidetector computed tomography vs quantitative coronary angiography. *Am J Cardiol*. 2005 Sep 15;96(6):784-7.
14. Cury RC, Ferencik M, Achenbach S, Pomerantsev EV, Nieman K, Moselewski F, et al. Accuracy of 16-slice multi-detector CT to quantify the degree of coronary artery stenosis as compared with quantitative coronary angiography. *Eur J Radiol*. 2006;57:345-50.
15. Hoffman U, Nagurny JT, Moselewski F, Pena A, Ferencik M, Cury RC, et al. Coronary multidetector computed tomography in the assessment of patients with acute chest pain. *Circulation*. 2006;114:2251-60.
16. Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW, Ross MA, Oneil BJ, Raff GL, et al. A randomized controlled trial of multi-slice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(8):863-71.
17. Rubinstein R, Halon D, Gaspar T, Jaffe R, Karkabi B, Flugelman My, et al. Usefulness of 64-slice cardiac computed tomography angiography for diagnosing acute coronary syndromes and predicting clinical outcome in emergency department patients with chest pain of uncertain origin. *Circulation*. 2007 Apr 3;115(13):1762-8. Epub 2007 Mar 19.
18. Stillman AE, Oudkerk M, Ackerman M, Becker CR, Buzman PE, de Feyter PJ, et al. Use of computed tomography for assessment of acute chest pain: a consensus statement of North American Society of Cardiac Imaging and the European Society of Cardiac Radiology. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2007 Aug ;23(4):415-27.

19. Leber AW, Knez A, Becker A, Becker C, von Ziegler F, Nikolau K, et al. Accuracy of multidetector spiral computed tomography in identifying and differentiating the composition of coronary atherosclerotic plaques. A comparative study with intracoronary ultrasound. *J Am Coll Cardiol.* 2004 Apr 7;43(7):1241-7.
20. Leber AW, Knez A, White CW, Becker A, von Ziegler F, Muehling O, et al. Composition of coronary atherosclerotic plaques in patients with acute myocardial infarction and stable angina pectoris determined by contrast-enhanced multislice computed tomography. *Am J Cardiol.* 2003 Mar 15;91(6):714-8.
21. Maintz D, Seithart H, Raupach R, Flohr T, Rink M, Sommer T, et al. 64-slice multidetector coronary CT angiography: in vitro evaluation of 68 different stents. *Eur Radiol.* 2006 Apr;16(4):818-26. Epub 2005 Dec 7.
22. Cademartiri F, Mollet N, Lemos PA, Pugliesi F, Baks T, McFadden EP, et al. Usefulness of multislice computed tomographic coronary angiography to assess in-stent restenosis. *Am J Cardiol.* 2005 Sep 15;96(6):799-802.
23. Maintz D, Grude M, Fallenbergh EM, Heindel W, Fishbach R. Assessment of coronary arterial stents by multislice-CT angiography. *Acta Radiol.* 2003 Nov;44(6):597-603.
24. Pache G, Saueressig U, Frydrychowicz A, Foell D, Ghanem N, Kotte E, et al. Initial experience with 64-slice cardiac CT: non-invasive visualization of coronary artery bypass grafts. *Eur Heart J.* 2006;27:976-80.
25. Malagutti P, Nieman K, Meijboom WB, van Mieghem CA, Pugliese F, Cademartiri F, et al. Use of 64-slice CT in symptomatic patients after coronary bypass surgery: evaluation of grafts and coronary arteries. *Eur Heart J.* 2007;28:1879-85.
26. Schepis T, Gaemperli O, Koepfli P, Valenta I, Strobel K, Brunner A, et al. Comparison of 64-slice CT with gated SPECT for evaluation of left ventricular function. *J Nucl Med.* 2006;47:1288-94.
27. Fischbach R, Juergens KU, Ozgun M, Maintz D, Grude M, Seifarth H, et al. Assessment of regional left ventricular function with multidetector-row computed tomography versus magnetic resonance imaging. *Eur Radiol.* 2007;17:1009-17.
28. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al.; American Heart Association Writing Group on Myocardial Segmentation and Registration for Cardiac Imaging. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *J Nucl Cardiol.* 2002;9:240-5.
29. Hoffmann U, Millea R, Enzweiler C, Ferencik M, Gulick S, Titus J, et al. Acute myocardial infarction: contrast-enhanced multidetector row CT in a porcine model. *Radiology.* 2004;231:697-701.
30. Mahnken AH, Bruners P, Katoh M, Wildberger JE, Gunther RW, Buecker A. Dynamic multi-section CT imaging in acute myocardial infarction: preliminary animal experience. *Eur Radiol.* 2006;16:746-52.
31. Cury RC, Nieman K, Shapiro MD, Butler J, Nomura CH, Ferencik M, et al. Comprehensive assessment of myocardial perfusion defects, regional wall motion, and left ventricular function by using 64-section multidetector CT. *Radiology.* 2008;248(2):466-75.
32. Cury RC, Magalhães T, Borges A, Parga J, Shiozaki A, Rochitte CE. Dipyridamole stress and rest myocardial perfusion by 64 detector-row computed tomography in patients with suspected coronary artery disease and positive spect scintigraphy: a feasibility study. *J Am Coll Cardiol.* 2009 March 10;53 Suppl:A276.
33. George RT, Silva MD, Cordeiro M, Di Paula A, Thompson DR, McCarthy WF, et al. Multidetector computed tomography myocardial perfusion imaging during adenosine stress. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48:153-60.
34. Nieman K, Shapiro MD, Ferencik M, Nomura CH, Abbara S, Hoffmann U, et al. Reperused myocardial infarction: contrast-enhanced 64-section CT in comparison to MR imaging. *Radiology.* 2008;247(1):49-56.
35. Lardo AC, Cordeiro MA, Silva C, Amado LC, George RT, Saliaris AP, et al. Contrast-enhanced multidetector computed tomography viability imaging after myocardial infarction: characterization of myocyte death, microvascular obstruction, and chronic scar. *Circulation.* 2006;113:394-404.