

---

# USO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM MÚLTIPLOS DETECTORES NA SÍNDROME ISQUÊMICA AGUDA

OTÁVIO RIZZI COELHO FILHO

ROBERTO CALDEIRA CURY

ANA CRISTINA MAGALHÃES ANDRADE

RICARDO CALDEIRA CURY

Serviço de Ressonância e Tomografia Cardiovascular – Instituto do Coração (InCor) – HC-FMUSP  
Serviço de Ressonância e Tomografia Cardiovascular – Hospital Samaritano de São Paulo  
MGH Cardiovascular CT Core Lab/Clinical Cardiac MRI – Massachusetts General Hospital/  
Harvard Medical School – Boston, MA – Estados Unidos

Endereço para correspondência:

Av. Benjamin Constant, 2050 – ap. 111 – CEP-13025-005 – Campinas – SP

O diagnóstico da síndrome coronariana aguda, em especial da angina instável e do infarto agudo do miocárdio sem elevação do segmento ST no departamento de emergência permanece um desafio. A diferenciação entre as possíveis etiologias da dor torácica aguda ainda desafia muitos serviços de emergência. A avaliação inicial com história clínica, exame eletrocardiográfico seriado e marcadores bioquímicos de dano miocárdico frequentemente leva a gastos e internações desnecessários. O recente desenvolvimento da tomografia computadorizada com múltiplos detectores e sua maior disponibilidade nos serviços de emergência médica facilitou sua aplicação diagnóstica nas suspeitas das síndromes coronarianas agudas, sobretudo em situações em que a eletrocardiografia e os marcadores de dano miocárdio iniciais foram normais. Além disso, a tomografia computadorizada com múltiplos detectores pode esclarecer causas não-cardíacas relevantes, tais como tromboembolismo pulmonar e dissecação de aorta. A tomografia computadorizada com múltiplos detectores, além de permitir a avaliação de estenoses e oclusões coronárias, também pode caracterizar as placas coronárias e fornecer a informação sobre prognóstico. As recentes inovações tecnológicas da tomografia computadorizada com múltiplos detectores facilitaram seu uso e melhoraram sua acurácia, sendo esse teste, pelo elevado valor preditivo negativo, capaz de auxiliar médicos emergencistas a avaliar rapidamente pacientes com suspeita de síndrome coronariana aguda e permitir condutas mais rápidas e seguras.

**Palavras-chave:** dor torácica aguda, síndrome coronariana aguda, estratificação de risco, angiotomografia de coronárias.

(Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo. 2007;3:257-70)  
RSCESP (72594)-1666

## INTRODUÇÃO

A avaliação de pacientes com dor torácica aguda já é, há algum tempo, atividade comum do cotidiano de grande parte dos serviços de emergência médica do Brasil e de todo o mundo. Estima-se, nos Estados Unidos, que a avaliação de pacientes com dor torácica compreenda cerca de 5% a 10% de todos os atendimentos médicos em emergência<sup>1</sup>. As estatísticas disponíveis desse país demonstram que a cada ano cerca de 5 a 8 milhões de pacientes são atendidos com dor torácica aguda nos serviços de emergência<sup>1</sup>, e em cerca de pouco mais de 3 milhões de pacientes não é confirmada cardiopatia. Apesar de a triagem precoce desses pacientes ter claras implicações terapêuticas e prognósticas, muitas são as dificuldades para se delinear uma estratégia a ser seguida. Naqueles pacientes de alto risco para eventos cardiovasculares adversos, impõe-se uma estratégia de tratamento clínico agressivo, com inibidores da glicoproteína IIb/IIIa associados a diversas estratégias de revascularização precoce<sup>2</sup>. Por outro lado, os pacientes de baixo risco poderiam receber alta, dispensando internação desnecessária e continuando seu seguimento ambulatorialmente<sup>3</sup>. Infelizmente, certas variáveis clínicas, como idade, sexo, fatores de risco e marcadores de dano miocárdico, quando analisadas isoladamente, têm demonstrado valores limitados para prever eventos adversos<sup>4-9</sup>. Hoje em dia, as diversas estratégias de estratificação propostas baseiam-se eminentemente em fatores clínicos, que podem não ser úteis em especial naqueles casos em que os marcadores iniciais de dano miocárdico são normais e o eletrocardiograma não revela novas alterações significativas<sup>10</sup>.

Historicamente, cerca de 2% a 10% dos pacientes com síndrome coronariana aguda são equivocadamente liberados do pronto-socorro<sup>11</sup>. Esses pacientes, inadequadamente dispensados, apresentam evolução clínica desfavorável, chegando a duplicar o risco de morte<sup>11-15</sup>. Como resultado dessa inabilidade na realização de triagem adequada com os métodos atuais para estabelecer qual paciente deve ou não ser internado no hospital, têm sido cada vez mais freqüentes as ações legais de má prática médica por esse motivo, totalizando, nos Estados Unidos, 20% de todas as ações legais contra serviços de emergência médica<sup>11</sup>. Por outro lado, cerca de 60% de todos os pacientes com dor torácica com condições de serem encaminhados para casa infelizmente acabam sendo hospitalizados<sup>12, 14</sup>, aumentando desnecessariamente os custos operacionais dos serviços de saúde. Dessa forma, o número de dias de internação hospitalar desnecessária por 100 pacientes é alto, variando de

65 na Nova Zelândia a 839 na Alemanha.<sup>15</sup>

Métodos diagnósticos não-invasivos já vêm sendo aplicados na avaliação de pacientes com dor torácica aguda no pronto-socorro, tais como a ecocardiografia com e sem contraste<sup>16, 17</sup> e a cintilografia miocárdica de repouso<sup>18-20</sup>. Essas modalidades diagnósticas são basicamente úteis na exclusão de síndrome coronariana aguda, demonstrando, em diversos estudos, valores preditivos negativos muito elevados. Por outro lado, ambas as estratégias citadas apresentam valores preditivos positivos reduzidos, tendo capacidade limitada em identificar pacientes que realmente apresentam síndrome coronariana aguda, além de não refinar a seleção dos que mais se beneficiariam de uma estratégia invasiva precoce associada a terapia farmacológica mais agressiva.

Dessa forma, muitas vezes os métodos atuais e usuais de triagem de dor torácica nos mais diversos serviços de emergência são pouco efetivos, sobretudo naquelas situações em que os marcadores de dano miocárdico iniciais são normais e exame eletrocardiográfico, mesmo quando monitorizado de forma contínua, não revela alterações evidentes. Até o presente momento não existia uma ferramenta diagnóstica capaz de fornecer, de forma rápida, segura, não-invasiva e facilmente reproduzível, informações morfológicas e anatômicas sobre a circulação coronariana, que proporcionassem ao médico (emergencistas e cardiologistas) inferir informações acerca do prognóstico, além de indicar a melhor estratégia terapêutica inicial.

## CENÁRIO ATUAL DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA COM MÚLTIPLOS DETECTORES NA DOENÇA ARTERIAL CORONARIANA

A cineangiocoronariografia é atualmente o método padrão para o diagnóstico da doença arterial coronariana em pacientes sintomáticos. No entanto, cerca de 30% a 40% desses exames são realizados com o intuito diagnóstico. Isso causa preocupação pela incidência de 1% de morbidade e de mortalidade atribuídas a esse exame, significativamente maior que a observada com a tomografia computadorizada com múltiplos detectores<sup>21</sup>.

A resolução tanto espacial como temporal da tomografia computadorizada com múltiplos detectores melhorou consideravelmente nos últimos sete anos, permitindo a visualização diagnóstica de estruturas cardíacas e, mais especificamente, a avaliação anatômica da parede e do lúmen das artérias coronárias. A tomografia computadorizada com múltiplos detectores cardíaca é realizada mais freqüentemente no modo espiral ou helicoidal, em

que a mesa do paciente se move continuamente enquanto o "gantry" (armação ao redor da mesa que circunda o paciente) gira em torno dela. A cada rotação são adquiridas de 4 a 64 secções anatômicas. A aquisição de dados é relacionada ao sinal eletrocardiográfico de forma prospectiva ou retrospectiva e os algoritmos de reconstrução parcial permitem tempos de aquisição de imagens que giram em torno de 50 ms a 300 ms, dependendo do sistema utilizado. A espessura de corte, que no início dessa tecnologia era de 1,25 mm a 3,0 mm com os aparelhos de 4 detectores, chegou mais recentemente a apenas 0,4 mm a 0,75 com a introdução dos sistemas de 16 e 64 detectores, o que permitiu significativa melhora da acurácia diagnóstica do método para a detecção de estenoses coronárias<sup>22</sup>.

A tomografia computadorizada com múltiplos detectores é atualmente o método angiográfico não-invasivo de melhor acurácia para a detecção de doença arterial coronariana. Os tomógrafos de 2, 4 e 8 detectores criavam imagens que não ofereciam qualidade suficiente para identificação ou exclusão confiáveis de obstrução na doença arterial coronariana<sup>23</sup>. A introdução da tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 16 detectores melhorou a visualização do lúmen coronariano, pela melhora da resolução tanto espacial como temporal. Estudos iniciais relataram sensibilidade e especificidade variando de 59% a 95% e de 79% a 98%, respectivamente, em pacientes com angina estável comparados com a cineangiocoronariografia. A taxa de visualização adequada das artérias coronarianas nesses estudos variou de 68% a 96%<sup>24-33</sup>. Ropers e colaboradores<sup>24</sup> apresentaram sensibilidade e especificidade de 92% e 93%, respectivamente, mas com exclusão de 12% dos segmentos que não foram analisáveis. Nieman e colaboradores<sup>25</sup> relataram sensibilidade de 95% e especificidade de 86% na comparação com a cineangiocoronariografia convencional, e nesse estudo não foram excluídos segmentos acima de 1,5 mm de diâmetro. Kuttner e colaboradores<sup>26</sup>, estudando 60 pacientes que haviam sido convocados para cineangiocoronariografia convencional, demonstraram que o grau de calcificação das artérias coronárias permanece um importante fator limitante para a correta interpretação da estenose coronária. No entanto, em pacientes com calcificação discreta a moderada, foram encontrados altos valores de sensibilidade e especificidade, tais como 72% e 97%, respectivamente. Quando foram estudados pacientes de alto risco para doença arterial coronariana<sup>27</sup>, o valor preditivo negativo foi elevado em uma análise baseada em segmentos, mas apenas moderado quando a avaliação foi realizada por paciente, sugerin-

do que para uso clínico a tomografia computadorizada com múltiplos detectores pode ser uma ferramenta útil em pacientes de risco intermediário. Uma metanálise ainda não publicada<sup>33</sup> e especificamente para tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 16 detectores demonstrou 524 de 625 lesões estenóticas (84%), tendo sido possível descartar estenose coronariana corretamente em 3.353 de 3.518 segmentos (95%). Nos segmentos acessíveis, 683 de 761 das lesões estenóticas (90%) foram corretamente detectadas, enquanto a estenose coronariana foi corretamente descartada em 4.685 de 4.881 segmentos (96%). Na avaliação por paciente, 388 de 404 pacientes (96%) foram corretamente identificados pela tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 16 detectores como portadores de doença arterial coronariana significativa, assim como doença arterial coronariana significativa foi descartada em 172 de 207 pacientes (83%). Todos esses estudos em tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 16 detectores estão resumidos na Tabela 1.

Tais resultados foram comparados de forma favorável com outros métodos, como o ultra-som intracoronário e a ressonância magnética cardíaca<sup>34, 35</sup>, porém ainda inadequados. Em um estudo multicêntrico, Garcia e colaboradores<sup>36</sup> confirmaram alguns dos problemas com a tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 16 detectores. Em 238 pacientes, quase 30% das imagens foram de qualidade insuficiente para detecção de doença arterial coronariana significativa, assim como apresentaram sensibilidade e especificidade baixas<sup>36</sup>.

A tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores aumentou a resolução tanto espacial como temporal e reduziu o tempo do exame para cerca de 6 a 12 segundos, dependendo do protocolo e do tomógrafo utilizado. Novos tomógrafos em desenvolvimento utilizando 256 detectores ou um amplo detector "flat panel" poderão eliminar a necessidade de detectores individuais.

Pelo menos sete estudos compararam a tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores à cineangiocoronariografia em pacientes suspeitos de doença arterial coronariana<sup>37-43</sup>. Os estudos em tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores estão resumidos na Tabela 2.

Leschka e colaboradores<sup>37</sup> relataram sua experiência com 67 pacientes com suspeita de doença arterial coronariana. Foram excluídos pacientes com stents ou revascularização prévia. Vasos com > 1,5 mm foram avaliados e todas as imagens tiveram qualidade adequada. Com base nos vasos

Tabela 1 - Estudos com tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 16 detectores

Autores	Ano	n	Sens	Espec	VPP	VPN	Imagens inadequadas	Taxa de visualização adequada
Koop	2002	102	93	97	81	99	N	NR
Nieman	2002	59	95	86	80	97	N	93
Ropers	2003	77	92	93	79	97	N	88
Achenbach	2004	22	82	88	91	76	N	NR
Hoffmann	2004	33	90	75	86	81	N	83
Kuttner	2004	60	72	97	72	97	N	79
Achenbach	2005	50	94	96	69	99	S	96
Heuschmid	2005	37	59	87	61	87	N	88
Hoffmann	2005	103	95	98	87	99	S	94
Kefer	2005	52	82	79	46	95	N	NR
Kuttner	2005	124	85	98	91	96	N	94
Kuttner	2005	72	82	98	87	97	N	93

n = número de pacientes; Sens = sensibilidade; Espec = especificidade; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; N = não; S = sim; NR = não relatado.

individuais, a sensibilidade e a especificidade para estenose > 50% foram de 94% e 97%, respectivamente, e não houve resultados falsos negativos ou falsos positivos.

Mollet e colaboradores<sup>38</sup> estudaram 70 pacientes agendados para cineangiografia em decorrência de dor torácica atípica, angina estável ou instável ou infarto sem supradesnível de segmento ST<sup>38</sup>. Foram excluídos pacientes com stents ou revascularização prévia, arritmias, insuficiência renal e alergia ao contraste iodado. Todos os vasos foram estudados, com imagem adequada de 97% deles que permitissem interpretação. Foram evidenciadas sensibilidade e especifi-

cidade de 100% e 92%, respectivamente, para estenose dos vasos > 50%, com falsa interpretação de apenas um paciente com coronárias normais pela cineangiografia. Esses autores utilizaram dois observadores para a tomografia computadorizada com múltiplos detectores, com k = 0,73 para variabilidade interobservador.

Ropers e colaboradores<sup>39</sup> estudaram 84 pacientes agendados para cineangiografia suspeitos de doença arterial coronariana, tendo sido excluídos os pacientes com contra-indicação para uso de contraste e radiação ou com doença arterial coronariana prévia documentada. Vasos > 1,5 mm foram analisados, dos quais 96% apresenta-

Tabela 2 - Estudos com tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores

Autores	Ano	n	Sens	Espec	VPP	VPN	Prevalência de DAC	Imagens inadequadas	Taxa de visualização adequada
Leschka	2005	67	100	100	100	100	70%	N	100
Mollet	2005	52	100	92	97	100	73%	N	97
Ropers	2006	84	96	91	83	98	31%	S	96
Raff	2005	70	95	90	93	93	57%	S	88
Leber	2005	59	88	85	88	85	42%	S	93
Fine	2006	66	95	96	97	92	NR	S	94
Nikolaou	2006	72	86	95	72	97	57%	S	94

n = número de pacientes; Sens = sensibilidade; Espec = especificidade; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; DAC = doença arterial coronariana; N = não; S = sim; NR = não relatado.

ram imagens adequadas para avaliação. Foram encontradas sensibilidade e especificidade de 96% e 91%, respectivamente, comparativamente à cineangiogramiografia, com apenas 4% dos vasos não visualizados adequadamente.

Raff e colaboradores<sup>40</sup> acompanharam 84 pacientes agendados para cineangiogramiografia por suspeita de doença arterial coronariana, sendo excluídos 14 pacientes por arritmias e contra-indicação ao contraste e ao uso de betabloqueadores. Esses autores relataram sensibilidade e especificidade de 95% e 90%, respectivamente, para estenose > 50%. Conseguiram imagens de todas as artérias e encontraram somente 88% dos vasos com alta qualidade, mas nenhum paciente foi excluído por causa da qualidade da imagem.

Leber e colaboradores<sup>41</sup> agendaram 59 pacientes para cineangiogramiografia, excluindo aqueles com fibrilação atrial, contra-indicação para contraste iodado, revascularização ou stents prévios. Quatro pacientes foram excluídos por imagem inadequada pela tomografia. Esses autores incluíram pacientes com apenas um stent e aqueles com frequência cardíaca > 60 bpm, tendo encontrado sensibilidade de apenas 88% para vasos com estenose > 50%. Sua acurácia limitada decorreu da inclusão de pacientes com stents, nos quais 6 de 13 vasos foram incorretamente identificados.

Além desses estudos, em metanálise ainda não publicada, que utiliza os estudos supracitados<sup>33</sup> e, no caso específico, para tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores, em todos os segmentos incluídos foram detectadas corretamente 63 de 64 lesões estenóticas (98%) pela tomografia, enquanto estenoses foram descartadas corretamente em 21 de 23 segmentos (91%). Em segmentos acessíveis pela tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores, 442 de 471 lesões estenóticas (94%) foram corretamente detectadas, enquanto estenoses foram corretamente descartadas em 3.626 de 3.771 segmentos (96%). Em uma avaliação por paciente, 173 de 178 pacientes (97%) foram corretamente identificados pela tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores como portadores de doença arterial coronariana significativa, assim como doença arterial coronariana grave foi descartada em 118 de 129 pacientes (92%).

Todos esses estudos demonstram a capacidade técnica da tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores para identificar com alta acurácia pacientes com lesões coronárias > 50%. Apesar de o seguimento para efeitos adversos não ter sido rotineiro ou sistematicamente realizado, em 332 pacientes estudados não

houve relato de efeitos colaterais do exame, indicando sua segurança em uma população escolhida. Os altos valores preditivos negativos observados em todos os estudos sugerem ser a tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores um teste não-invasivo para excluir doença arterial coronariana em pacientes sintomáticos de baixa a moderada probabilidade de doença arterial coronariana significativa.

Há, porém, algumas limitações para o uso desse método. O uso da tomografia computadorizada com múltiplos detectores requer conhecimento técnico para resultados ótimos. Assim como outros exames tomográficos que exigem o uso de contraste iodado, o tempo certo para a injeção do mesmo é crítico para visualização da área de interesse. O estudo é contra-indicado em pacientes com alergia ao contraste iodado ou insuficiência renal. Os pacientes precisam estar deitados de forma tranqüila e segurar a respiração durante a realização do exame. Uma limitação adicional para a tecnologia é que o paciente deve ter frequência cardíaca regular. Pacientes com ritmos irregulares são excluídos do exame. Geralmente é administrado betabloqueador para os pacientes que possuem frequência cardíaca > 60 bpm. Essa pré-medicação diminui a frequência cardíaca e melhora a qualidade da imagem, já que diminui os artefatos de movimento nas artérias coronárias<sup>39</sup>. Pacientes obesos são mais propensos a apresentar imagens de menor qualidade, pela maior atenuação do feixe de raio X no corpo, aumentando o ruído da imagem. Nos pacientes que apresentaram índice de massa corporal  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>,<sup>40</sup> a sensibilidade e a especificidade caíram para 90% e 86%, respectivamente.

Outra limitação do método é a intensa calcificação coronária que pode estar presente em pacientes com alta probabilidade de doença arterial coronariana, dificultando ou até mesmo impedindo a análise luminal correta, superestimando o valor das estenoses. Ocorre o chamado “bloom-ing”, que é a aparência da placa calcificada ser maior que seu verdadeiro tamanho. Ropers e colaboradores<sup>39</sup> encontraram, dentro dos segmentos não avaliáveis, 64% decorrentes de calcificação.

Além disso, a radiação pela tomografia computadorizada com múltiplos detectores deve ser considerada, para que não ocorra exposição desnecessária em pacientes jovens (mulheres com menos de 20 anos de idade) e principalmente em indicações de “check-up” em pacientes assintomáticos e sem fatores de risco. A radiação pela tomografia computadorizada com múltiplos detectores varia entre 12 mSv e 15 mSv; com o uso de modulação de dose, os níveis de radiação baixam para 5,4 mSv a 9,4 mSv, níveis inferiores aos da

radiação da cintilografia miocárdica com tecnécio. Futuramente, com o desenvolvimento tecnológico e com os novos tomógrafos (256 detectores e “Dual Source CT”), a tendência, por causa da preocupação em diminuir a dose de radiação, é de os níveis chegarem entre 3 mSv e 5 mSv, dose equivalente à do cateterismo diagnóstico.

### **APLICAÇÃO DA TOMOGRAFIA COM MÚLTIPLOS DETECTORES NA SÍNDROME CORONARIANA AGUDA**

A literatura na avaliação da tomografia de múltiplos detectores nos pacientes com síndrome coronariana aguda vem crescendo rapidamente nos anos de 2006 e 2007, com o objetivo de melhorar a estratificação do paciente no pronto-socorro, tornando-a mais precoce e eficaz. Assim, são evitadas internações e exames adicionais desnecessários, acarretando menor custo para a sociedade.

Estudos da literatura avaliaram a utilidade da tomografia na detecção de calcificação coronariana (escore de cálcio) em prever a possibilidade de síndrome coronariana aguda em pacientes com dor torácica aguda<sup>44-46</sup>. Os resultados desses estudos demonstraram alto valor preditivo negativo na ausência de calcificação coronariana. Entretanto, o valor diagnóstico desses estudos é controverso. Foi observado, em pacientes com morte súbita oriunda de causa cardíaca, que somente 50% das placas calcificadas são lesões culpadas<sup>47</sup>. Além disso, no estudo de Greenland e colaboradores<sup>48</sup>, 14% dos eventos (infarto miocárdico e morte) foram observados em pacientes sem calcificação coronariana. Assim, na ausência de calcificação coronariana não se pode descartar doença aterosclerótica obstrutiva, principalmente em jovens e na síndrome coronariana aguda, já que 50% dos pacientes apresentam como primeiro sintoma o infarto agudo do miocárdio ou a morte súbita. Dessa maneira, o escore de cálcio apresenta limitações na avaliação do paciente com dor torácica aguda.

A tomografia computadorizada de múltiplos detectores fornece imagens de alta resolução das artérias coronárias de forma não-invasiva. Estudos prévios demonstraram a alta acurácia da tomografia computadorizada com múltiplos detectores coronária na identificação da presença e da gravidade da aterosclerose coronária<sup>38-43</sup>. O alto valor preditivo negativo para a exclusão de estenose coronariana significativa torna o método útil na estratificação dos pacientes com dor torácica aguda.

Um dos primeiros estudos da literatura, realizado por Dorgelo e colaboradores<sup>49</sup>, incluiu 22 pacientes com síndrome coronariana aguda de alto risco em programação de cinecoronariografia. Em grande parte dos doentes, a cinecoronariografia foi

somente um exame diagnóstico; em vista disso, Dorgelo realizou um estudo prospectivo para avaliar a capacidade da tomografia de 16 detectores em prever o tratamento dos pacientes e determinar quantas cinecoronariografias invasivas poderiam ser evitadas. Todos os 22 pacientes completaram sem intercorrências o protocolo da tomografia, sendo evidenciadas 30 estenoses coronarianas significativas (> 50%). Excelente acurácia foi observada: sensibilidade, 94%; especificidade, 96%; valor preditivo positivo, 77%; e valor preditivo negativo; 99%. Do total de pacientes avaliados, 86% pacientes tiveram seu tratamento final correlacionado com a decisão prévia pela tomografia e 14% poderiam ter evitado a cinecoronariografia, pela ausência de doença coronária obstrutiva nessa população de alto risco.

O avanço tecnológico da tomografia de 64 detectores possibilitou e tornou mais factível a implantação e a criação de diversos estudos<sup>50-54</sup> na estratificação da dor torácica aguda, pela melhor resolução tanto temporal como espacial, com melhora significativa da acurácia para detecção e exclusão de doença arterial coronariana significativa. A Tabela 1 resume o resultado desses trabalhos.

Gallagher e colaboradores<sup>51</sup> compararam prospectivamente a acurácia da tomografia computadorizada com múltiplos detectores coronária de 64 detectores com a cintilografia miocárdica de estresse na detecção de síndrome coronariana aguda e de eventos cardiovasculares (morte súbita, infarto miocárdico e revascularização coronariana) em 30 dias. Foram incluídos 85 pacientes de risco coronariano baixo ou intermediário (eletrocardiograma e enzimas normais) para a realização de ambos os métodos, os quais foram posteriormente avaliados pelo cardiologista para indicação de cinecoronariografia. No total, 7 pacientes apresentaram estenose maior que 70% pela cinecoronariografia, 6 deles identificados corretamente pela tomografia. Entre os pacientes com síndrome coronariana aguda, existia um paciente com tomografia negativa e cintilografia positiva e 2 pacientes com cintilografia negativa e tomografia positiva. A acurácia diagnóstica da tomografia de múltiplos detectores foi pelo menos similar à da cintilografia miocárdica com estresse, apresentando sensibilidade de 86% vs. 71%, especificidade de 92% vs. 90%, valor preditivo positivo de 50% vs. 38% e valor preditivo negativo de 99% vs. 97%, respectivamente. Em relação ao prognóstico, nenhum paciente com tomografia normal apresentou evento cardiovascular adverso; em contrapartida, 2 pacientes com cintilografia normal foram submetidos a angioplastia coronariana em 30 dias.

O departamento de radiologia, cardiologia e

emergência do Massachusetts General Hospital relatou sua experiência com o tomógrafo de 64 detectores na estratificação de 103 pacientes com dor torácica aguda<sup>50</sup>. Para a inclusão no protocolo, eram exigidas as seguintes condições: dor torácica aguda por mais de 5 minutos até 24 horas da admissão, eletrocardiograma sem alterações ou não diagnóstico, ritmo sinusal e enzimas cardíacas normais. Os médicos socorristas não tinham acesso ao resultado da tomografia na condução dos casos. O objetivo principal do estudo era avaliar pela tomografia a presença de estenose coronariana significativa e a extensão das placas nos pacientes com e sem síndrome coronariana aguda. Como objetivo adicional, foi avaliado o incremento que a tomografia exerce sobre o risco clínico no diagnóstico de síndrome coronariana aguda.

Todos os pacientes seguiam protocolos preestabelecidos de estratificação coronariana (teste ergométrico, cintilografia ou ecocardiograma com estresse). Desses pacientes, 103 foram estratificados pelos métodos convencionais, 14 apresentaram síndrome coronariana aguda (5, infarto sem supradesnível do segmento ST e 9, angina instável). Da população total, somente 8 pacientes foram submetidos a cinecoronariografia durante a internação, dos quais 5 apresentavam estenose coronariana significativa e 3 não tinham doença coronariana obstrutiva, todos identificados corretamente pela tomografia.

A presença de placa aterosclerótica foi descartada em 40% dos pacientes e a presença de placas em maior número de segmentos foi estatisticamente maior nos indivíduos com síndrome coronariana aguda ( $9,1 \pm 4,5$  vs.  $4,5 \pm 3,2$ , respectivamente;  $p < 0,001$ ). A presença de doença coronariana obstrutiva (> 50% de estenose) foi descartada em 71% dos pacientes e nenhum desses pacientes apresentou síndrome coronariana aguda durante a internação (valor preditivo negativo, 100%). Em 17 pacientes, a presença de estenose coronariana significativa não pôde ser descartada pela presença de stent ( $n = 7$ ), calcificação excessiva ( $n = 8$ ), artefato ( $n = 1$ ) e taquicardia ( $n = 1$ ); desse total de pacientes, 6 apresentaram síndrome coronariana aguda (valor preditivo positivo, 47%).

A tomografia foi realizada em aproximadamente 3,7 horas da admissão do paciente, não ocorrendo nenhum evento adverso à administração do betabloqueador. O tempo de realização do exame foi, em média, de 12 minutos. Em contrapartida, a média de permanência no departamento de emergência e na unidade de internação foram, respectivamente, de 7,4 e 33,8 horas. Somente 4 pacientes foram liberados diretamente do pronto-socorro. Em análise retrospectiva, 40% dos pacientes apresentaram internações desnecessárias na vigên-

cia de angiotomografia coronariana normal.

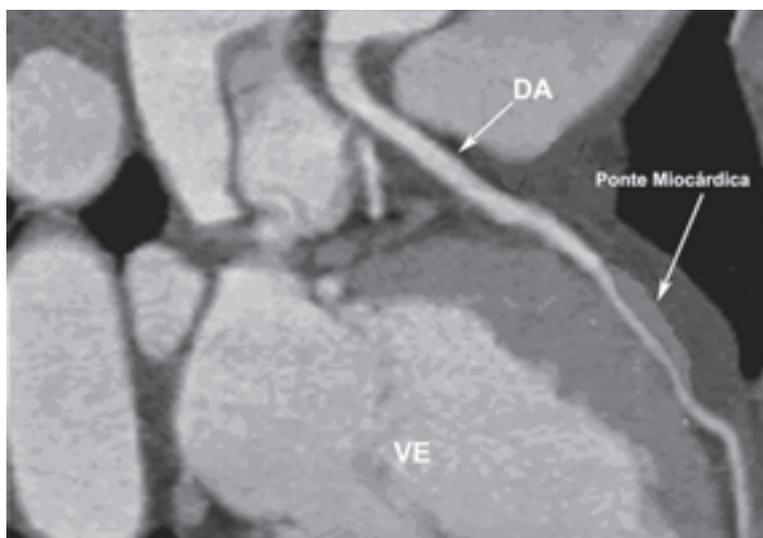
Goldstein e colaboradores<sup>52</sup> randomizaram 197 pacientes com dor torácica aguda para estratificação em dois grupos: tomografia de 64 detectores ( $n = 99$ ) e cintilografia miocárdica ( $n = 98$ ). Todos os pacientes apresentavam dor torácica aguda com risco TIMI baixo, eletrocardiograma e enzimas sem alterações. Os pacientes com doença luminal mínima pela tomografia eram imediatamente dispensados do pronto-socorro, os pacientes com estenose coronariana > 75% tiveram indicação de cinecoronariografia e os pacientes com lesões intermediárias (25%-75%) eram encaminhados para cintilografia miocárdica. A acurácia da tomografia e a acurácia da cintilografia foram similares, sem diferença estatística. Em compensação, o tempo médio de realização do exame foi, em média, de 3,4 horas para a tomografia e de 15,0 horas para a cintilografia ( $p < 0,001$ ), e o custo foi de US\$ 1.586,00 para a tomografia e de US\$ 1.872,00 para a cintilografia ( $p < 0,001$ ), destacando-se o custo-efetividade da tomografia de múltiplos detectores e a rapidez da estratificação.

A tomografia de múltiplos detectores na triagem de pacientes previamente estratificados por teste ergométrico ganhou destaque no trabalho de Rubinstein e colaboradores<sup>53</sup>, em que pacientes com risco TIMI < 5, eletrocardiograma e enzimas sem alterações foram estratificados com teste ergométrico. Os pacientes com teste ergométrico normal ou não diagnóstico eram liberados do pronto-socorro e nas semanas seguintes eram submetidos a angiotomografia coronariana (64 detectores). No total, 100 pacientes participaram do estudo, dos quais 29 (29%) apresentaram, na tomografia, estenose coronariana maior que 50%, 26 deles confirmados pela cinecoronariografia invasiva, demonstrando valor preditivo positivo de 90%. Dos pacientes sem doença obstrutiva significativa (71%), 53% apresentavam coronárias normais ou doença aterosclerótica mínima e 18%, estenose intermediária (25%-50%). Após decisão clínica, desses 71 pacientes, 15 foram submetidos a cinecoronariografia invasiva, e apenas um paciente com lesão intermediária pela tomografia apresentava lesão significativa > 70% na cinecoronariografia invasiva, mostrando valor preditivo negativo de 93%. A angiotomografia coronariana diagnosticou 26% dos pacientes com doença coronariana obstrutiva significativa com teste ergométrico normal ou não diagnóstico, e descartou doença coronariana obstrutiva em 61% dos pacientes com teste ergométrico não diagnóstico, mais uma vez demonstrando o incremento importante no diagnóstico quando utilizada a tomografia computadorizada com múltiplos detectores em relação ao teste ergométrico.

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<sup>56</sup> visando à estratificação de pacientes de risco baixo e principalmente intermediário, tornando, dessa maneira, o exame custo-efetivo nesses grupos. Na estratificação desses pacientes pela tomografia com lesão obstrutiva intermediária, é imperativa a realização de 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, eles poderão ser dispensados direto do pronto-socorro para casa (Fig. 1). Os pacientes com doença coronariana obstrutiva significativa devem ser internados para a realização de cinecoronariografia invasiva (Fig. 2). Em comparação com os 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, somente a tomografia computadorizada com múltiplos detectores apresenta valor preditivo positivo acima de 50%, tornando-a mais útil em populações com maior prevalência da doença e maior risco, diminuindo o número de internações desnecessárias quando comparado aos outros métodos (valor preditivo positivo: teste ergométrico, 22%; cintilografia de repouso, 27%; cintilografia de estresse, 14%;<sup>55</sup> tomografia computadorizada com múltiplos detectores, média de 69,7%)<sup>49-54</sup>.

É importante ressaltar que, com os tomógrafos de 64 detectores, é possível realizar tomografia de tórax de alta resolução com “gating” cardíaco estendendo o protocolo desde o ápice pulmonar até abaixo do diafragma. Esse protocolo, chamado de “triple rule out”, exige maior administração de contraste e maior exposição à radiação. Entretanto, será possível avaliar as principais afecções que ameaçam a vida do paciente com dor torácica aguda, como síndrome coronária aguda, tromboembolismo pulmonar e dissecção de aorta



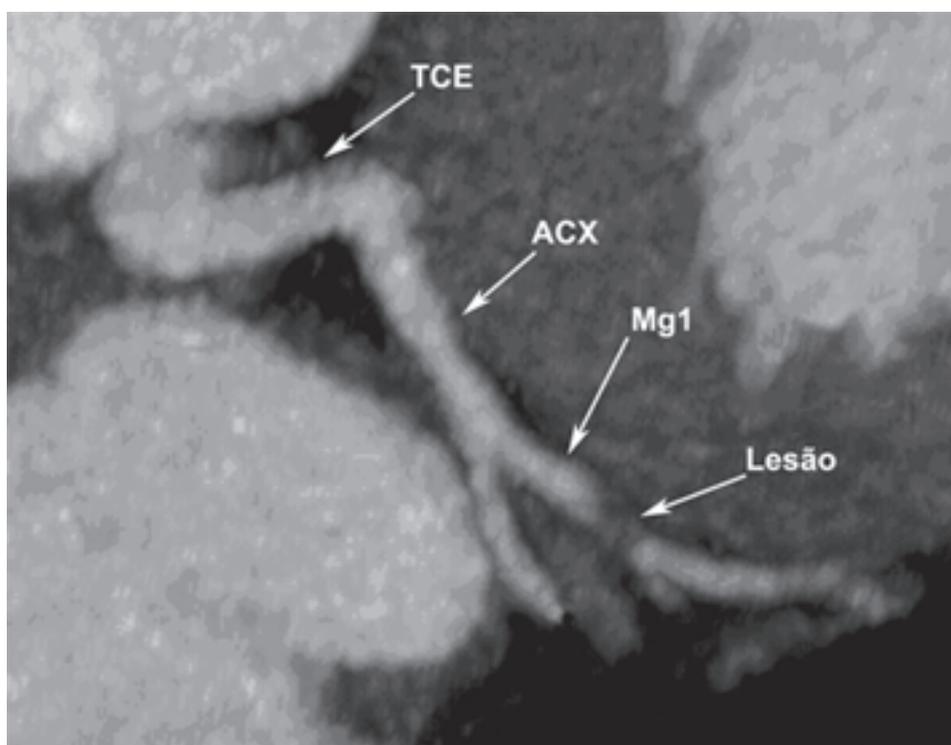
**Figura 1.** Imagem demonstrando ponte miocárdica em terço médio da artéria descendente anterior em paciente de 40 anos, do sexo feminino, com dor torácica aguda, ECG não diagnóstico e enzimas cardíacas normais, com teste ergométrico de 5 dias atrás sugestivo de isquemia. Imagem curva reformatada. Hospital Samaritano – São Paulo. (Escore de cálcio zero, coronárias sem redução luminal e sem doença parietal.)

VE = ventrículo esquerdo; DA = descendente anterior.

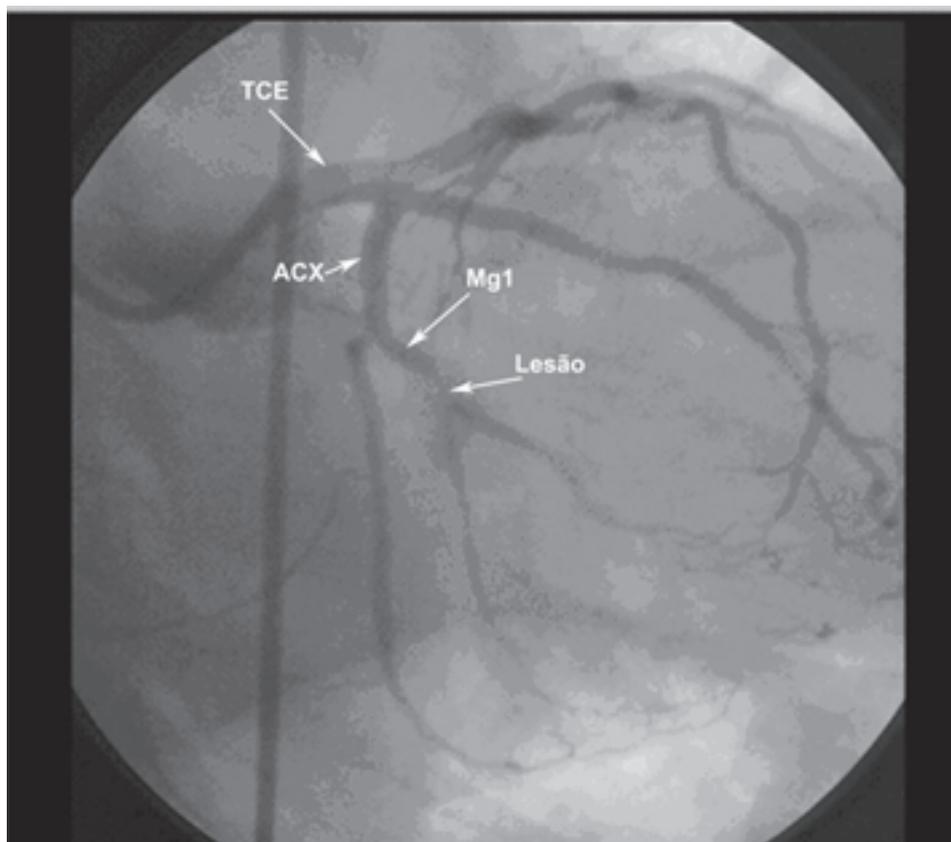
(Fig. 3). Entretanto, utilizando esse protocolo modificado, os segmentos distais das artérias coronárias e das artérias pulmonares podem não sofrer opacificação ideal e diminuir a acurácia diagnóstica do método. Assim, um protocolo focado para coronárias, artérias pulmonares ou aorta, dependendo do quadro clínico, dos fatores de risco, do ECG e dos exames laboratoriais iniciais, seria mais apropriado até que novos avanços sejam alcançados na parte tecnológica dos tomógrafos.

## CONCLUSÃO

Concluindo, a tomografia de múltiplos detectores para avaliar doença coronariana demonstrou alta sensibilidade e alto valor preditivo negativo na estratificação de dor torácica no pronto-socorro (Tab. 3), com estratificação em curto espaço de tempo, diminuição de internações desnecessárias e maior segurança na dispensa dos pacientes direto do pronto-socorro, resultando na diminuição do custo total da estratificação. A tomografia de múltiplos detectores foi apresentada nas últimas diretrizes de angina instável e infarto sem supradesnivelamento do segmento ST da American Heart Association como indicação IIA para a estratificação de pacientes de risco baixo e intermediário<sup>57</sup>. Além disso, a tomografia pode auxiliar em diagnósticos diferenciais, como afecções pulmonares, de aorta, esofágicas ou mediastinais, para a



A



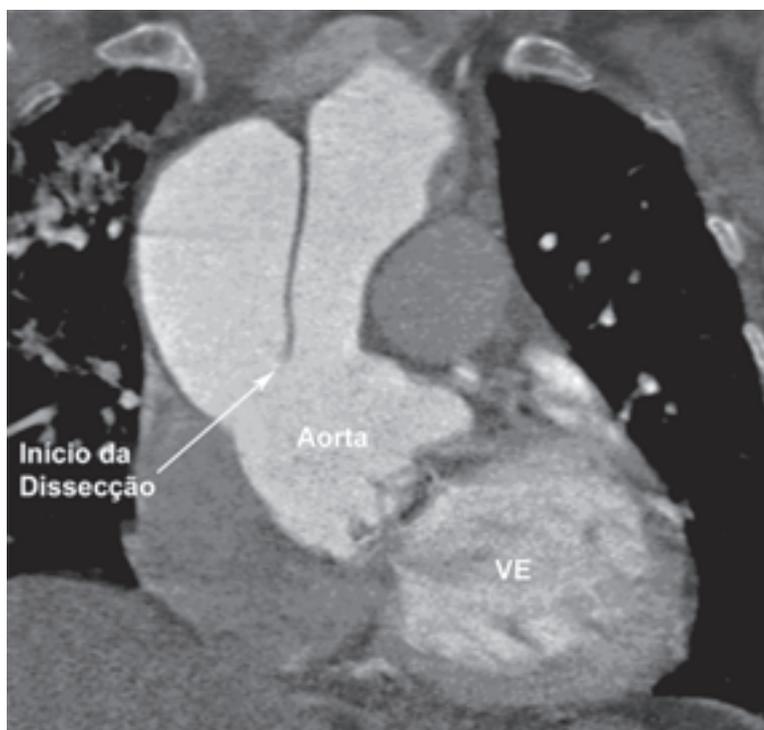
B

**Figura 2.** Correlação entre tomografia computadorizada com múltiplos detectores (A) e cinecoronariografia (B) em lesão suboclusiva não-calcificada na artéria primeira marginal de paciente com 52 anos de idade, do sexo masculino, com dor torácica aguda, ECG não diagnóstico e enzimas cardíacas normais, sem fatores de risco. Hospital Samaritano – São Paulo. (Escore de cálcio zero.)  
TCE = tronco da coronária esquerda; ACX = artéria circunflexa; Mg1 = artéria primeira marginal da circunflexa.

## COELHO FILHO

### OR e cols.

Uso da tomografia computadorizada com múltiplos detectores na síndrome isquêmica aguda



**Figura 3.** Tomografia computadorizada com múltiplos detectores realizada para “triple rule out” (coronárias, tromboembolismo pulmonar e aorta), evidenciando dissecção de aorta ascendente tipo A de Stanford em paciente com 63 anos de idade, do sexo feminino, com dispnéia e dor torácica aguda, ECG não diagnóstico e enzimas cardíacas normais, com antecedente de hipertensão arterial de longa mal controlada. VE = ventrículo esquerdo.

**Tabela 3 – Valor da tomografia computadorizada com múltiplos detectores na avaliação de pacientes com dor torácica aguda no pronto-socorro**

Estudos	TIMI Risk	n	% estenose	Sen	Esp	VPP	VPN
Rubinstein (Circulation. 2006)	Médio	58	> 50%	100	92	87	100
Hoffmann (Circulation. 2006)	Baixo Médio Alto	103	> 50%	100	85	47	100
Goldstein (JACC. 2007)	Baixo	99	> 70%	98	95	67,7	100
Rubinstein (AJC. 2007)	Baixo TE – NEG	100	> 50%	100	96	90	93
Gallagher (Ann Emerg Med. 2006)	Baixo	85	> 50% Ca > 400	86	92	50	99
White (SCCT. 2007)	Baixo	100	> 70%	100	98	33	100

VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; S = sim; N = não; NR = não relatado; Sens = sensibilidade; Espec = especificidade; n = número de pacientes.

elucidação diagnóstica e o direcionamento terapêutico dos pacientes no pronto-socorro. Estudos multicêntricos randomizados que já se iniciaram nos Estados Unidos e na Europa são aguardados ansiosamente para a confirmação dos resultados

promissores dos estudos iniciais e para a incorporação da tomografia computadorizada com múltiplos detectores de 64 detectores em algoritmos clínicos no pronto-socorro e nas unidades de dor torácica aguda.

---

# USEFULNESS OF MULTIDETECTOR COMPUTED TOMOGRAPHY IN ACUTE CORONARY SYNDROMES

OTÁVIO RIZZI COELHO FILHO

ROBERTO CALDEIRA CURY

ANA CRISTINA MAGALHÃES ANDRADE

RICARDO CALDEIRA CURY

The diagnosis of acute coronary syndrome, especially unstable angina and non-ST-elevation myocardial infarction in the emergency department still remains a challenge. Distinguishing insignificant from life-threatening causes of acute chest pain in patients who present to the emergency department remains a major challenge. Initial evaluation with history, electrocardiography, and biochemical markers is often unrevealing leading to additional workup. The development of multidetector computed tomography and its increasingly frequent placement and availability near the emergency department has facilitated its use for the evaluation of suspected acute coronary syndrome, especially when the electrocardiography, and biochemical markers are normal. The multidetector computed tomography could also be useful to exclude relevant causes of noncardiac chest pain, such as pulmonary embolism and aortic dissection. Multidetector computed tomography allows assessment of not only coronary artery stenoses and occlusions, but also assessment of coronary artery plaques and could provide information about prognoses, which will enable emergency physicians to rapidly evaluate patients for life-threatening illnesses and may allow safer and earlier discharges of many patients with chest pain in comparison with a traditional rule-out protocol.

**Key words:** acute chest pain, acute coronary syndrome, risk stratification, coronary angiography.

(Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo. 2007;3:257-70)

RSCESP (72594)-1666

---

## REFERÊNCIAS

1. McCaig LF, Burt CW. National Hospital Ambulatory Medical Care Survey: 2002 emergency department summary. *Adv Data.* 2004;340:1-34.
2. Mehta SR, Cannon CP, Fox KA, et al. Routine selective invasive strategies in patients with acute coronary syndromes: a collaborative meta-analysis of randomized trials. *JAMA.* 2005;293:2908-17.
3. Prina LD, Decker WW, Weaver AL, et al. Outcome of patients with a final diagnosis of chest pain of undetermined origin admitted under the suspicion of acute coronary syndrome: a report from the Rochester Epidemiology Project. *Ann Emerg Med.* 2004;43:59-67.
4. Braunwald E, Antman EM, Beasley JW, et al. ACC/AHA guideline update for the management of patients with unstable angina and non-ST-segment elevation myocardial infarction: 2002 – 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). *Circulation.* 2002;106:1893-900.
5. Ornato JP. Management of patients with unstable angina and non-ST-segment elevation myocardial infarction: update ACC/AHA guidelines. *Am J Emerg Med.* 2003;21:346-51.
6. Spinler SA, Hilleman DE, Cheng JW, et al. New

- recommendations from the 1999 American College of Cardiology/American Heart Association acute myocardial infarction guidelines. *Ann Pharmacother.* 2001;35:589-617.
7. Limkakeng A Jr, Gibler WB, Pollack C, et al. Combination of Goldman risk and initial cardiac troponin I for emergency department chest pain patient risk stratification. *Acad Emerg Med.* 2001;8:696-702.
  8. Hoekstra JW, Pollack CV Jr, Roe MT, et al. Improving the care of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes in the emergency department: the CRUSADE initiative. *Acad Emerg Med.* 2002;9:1146-155.
  9. Pope JH, Ruthazer R, Beshansky JR, Griffith JL, Selker HP. Clinical features of emergency department patients presenting with symptoms suggestive of acute cardiac ischemia: a multicenter study. *J Thromb Thrombolysis.* 1998;6:63-74.
  10. Hoffmann U, Pena AJ, Cury RC, et al. Cardiac CT in emergency department patients with acute chest pain. *Radiographics.* 2006 Jul-Aug;26(4):963-78; discussion 979-80. Review. PMID: 16844926.
  11. Pope JH, Aufderheide TP, Ruthazer R, et al. Missed diagnoses of acute cardiac ischemia in the emergency department. *N Engl J Med.* 2000 Apr 20;342(16):1163-70.
  12. Lee TH, Goldman L. Evaluation of the patient with acute chest pain. *N Engl J Med.* 2000;342:1187-95.
  13. Lee TH, Rouan GW, Weisberg MC, 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.
  14. Goldman L, Cook EF, Johnson PA, Brand DA, Rouan GW, Lee TH. Prediction of the need for intensive care in patients who come to emergency departments with acute chest pain. *N Engl J Med.* 1996;334:1498-504.
  15. Kaul P, Newby LK, Fu Y, et al. International differences in evolution of early discharge after acute myocardial infarction. *Lancet.* 2004;363:511-7.
  16. Kaul S, Senior R, Firschke C, et al. Incremental value of cardiac imaging in patients presenting to the emergency department with chest pain and without ST-segment elevation: a multicenter study. *Am Heart J.* 2004;148(1):129-36.
  17. Tong KL, Kaul S, Wang XQ, et al. Myocardial contrast echocardiography versus Thrombolysis In Myocardial Infarction score in patients presenting to the emergency department with chest pain and a nondiagnostic electrocardiogram. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46(5):920-7.
  18. Ramakrishna G, Milavetz JJ, Zinsmeister AR, et al. Effect of exercise treadmill testing and stress imaging on the triage of patients with chest pain: CHEER substudy. *Mayo Clin Proc.* 2005 Mar;80(3):322-9.
  19. Kapetanopoulos A, Heller GV, Selker HP, et al. Acute resting myocardial perfusion imaging in patients with diabetes mellitus: results from the Emergency Room Assessment of Sestamibi for Evaluation of Chest Pain (ERASE Chest Pain) trial. *J Nucl Cardiol.* 2004;11(5):570-7.
  20. Kontos MC, Jesse RL, Anderson FP, et al. Comparison of myocardial perfusion imaging and cardiac troponin I in patients admitted to the emergency department with chest pain. *Circulation.* 1999;99:2073-8.
  21. Wyman RM, Safian RD, Portway V, et al. Current complications of diagnostic and therapeutic cardiac catheterization. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47:1846-9.
  22. Shoenhagen P, Halliburton SS, Stillman AE, et al. Noninvasive imaging of coronary arteries: current and future role of multidetector row CT. *Radiology.* 2004;232:7-17.
  23. Ritman EL. Cardiac computed tomography imaging: a history and some future possibilities. *Cardiol Clin.* 2003;21:491-513, vii.
  24. Ropers D, Baum U, Pohle K, et al. Detection of coronary artery stenosis with thin-slice multi-detector row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction. *Circulation.* 2003;107:664-6.
  25. Nieman K, Cademartiri F, Lemos PA, et al. Reliable noninvasive coronary angiography with fast submillimeter multislice spiral computed tomography. *Circulation.* 2002;106:2051-4.
  26. Kuttner A, Trabold T, Schroeder S, et al. Noninvasive detection of coronary lesions using 16-detector multislice spiral computed tomography technology: initial clinical results. *J Am Coll Cardiol.* 2004;44:1230-7.
  27. Hoffmann MH, Shi H, Schmitz BL, et al. Noninvasive coronary angiography with multislice computed tomography. *JAMA.* 2005;293:2471-8.
  28. Achenbach S, Ropers D, Pohle FK, et al. Detection of coronary artery stenoses using multi-detector CT with 16 x 0.75 collimation and 375 ms rotation. *Eur Heart J.* 2005;26:1978-86.
  29. Heuschmid M, Kuettner A, Schroeder S, et al. Electrocardiogram-gated 16-MDCT of the coronary arteries: assessment of image quality and accuracy in detecting stenoses. *AJR Am J Roentgenol.* 2005;184:1413-9.

30. Hoffmann U, Moselewski F, Cury RC, et al. Predictive value of 16-slice multidetector spiral computed tomography to detect significant obstructive coronary artery disease in patients at high risk for coronary artery disease: patient-versus segment-based analysis. *Circulation*. 2004;110:2638-43.
31. Koop AF, Kuttner A, Heuschmid M, et al. Multidetector-row CT cardiac imaging with 4 and 16 slices for coronary CTA and imaging of atherosclerotic plaques. *Eur J Radiol*. 2002;12(Suppl 2):S17-S24.
32. Kuttner A, Beck T, Drosch T, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary imaging using 16-detector slice spiral computed tomography with 188 ms temporal resolution. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:123-7.
33. Janne d'Othée B, Siebert U, Cury R, et al. A systematic review on diagnostic accuracy of CT-based detection of significant coronary artery disease. *Eur J Radiol*. 2007 Jun 22 [Epub ahead of print].
34. Kefer J, Coche E, Legros G, et al. Head-to-head comparison of three-dimensional navigator-gated magnetic resonance imaging and 16-slice computed tomography to detect coronary artery stenosis in patients. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:92-100.
35. Achenbach S, Moselewski F, Ropers D, et al. Detection of calcified and noncalcified coronary atherosclerotic plaque by contrast-enhanced, submillimeter multidetector spiral computed tomography: a segment-based comparison with intravascular ultrasound. *Circulation*. 2004;109:14-7.
36. Garcia MJ, Lessick J, Hoffmann MH, CATS-CAN Study Investigators. Accuracy of 16-row multidetector computed tomography for assessment of coronary artery stenosis. *JAMA*. 2006;296:403-11.
37. Leschka S, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J*. 2005;26:1482-7.
38. Mollet NR, Cadernartiri F, van Mieghem CA, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation*. 2005;112:2318-23.
39. Ropers D, Rixe J, Anders K, et al. Usefulness of multidetector row spiral computed tomography with 64- x 0.6-mm collimation and 330-ms rotation for the noninvasive detection of significant coronary artery stenoses. *Am J Cardiol*. 2006;97:343-8.
40. Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:552-7.
41. Leber AW, Knez A, von Ziegler F, 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.
42. Fine JJ, Hopkins CB, Ruff N, et al. Comparison of accuracy of 64-slice cardiovascular computed tomography with coronary angiography in patients with suspected coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2006;97:173-4.
43. Nikolaou K, Knez A, Rist C, et al. Accuracy of 64-MDCT in the diagnosis of ischemic heart disease. *AJR*. 2006;187:111-7.
44. Georgiou D, Budoff MJ, Kaufer E, et al. Screening patients with chest pain in the emergency department using electron beam tomography: a follow-up study. *J Am Coll Cardiol*. 2001;38:105-10.
45. Laudon DA, Vukov LF, Breen JF, Rumberger JA, Wollan PC, Sheedy PF 2<sup>nd</sup>. Use of electron-beam computed tomography in the evaluation of chest pain patients in the emergency department. *Ann Emerg Med*. 1999;33:15-21.
46. McLaughlin VV, Balogh T, Rich S. Utility of electron beam computed tomography to stratify patients presenting to the emergency room with chest pain. *Am J Cardiol*. 1999;84:327-8.
47. Burke AP, Taylor A, Farb A, Malcom GT, Virmani R. Coronary calcification: insights from sudden cardiac death victims. *Z Kardiol*. 2000;89(Suppl 2):49-53.
48. Greenland P, LaBree L, Azen SP, et al. Coronary artery calcium score combined with Framingham score for risk prediction in asymptomatic individuals. *JAMA*. 2004;291:210-5.
49. Dorgelo J, Willems TP, Geluk CA, van Ooijen PM, Zijlstra F, Oudkerk M. Multidetector computed tomography-guided treatment strategy in patients with non-ST elevation acute coronary syndromes: a pilot study. *Eur Radiol*. 2005;15:708-13.
50. Hoffmann U, Nagurney JT, Moselewski F, et al. Coronary multidetector computed tomography in the assessment of patients with acute chest pain. *Circulation*. 2006;114:2251-60.
51. Gallagher M, Ross M, Raff G, Goldstein J, O'Neill W, O'Neil B. The diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography compared with stress nuclear imaging in emergency department low-risk chest pain patients. *Ann Emerg Med*. 2006;49(2): 125-36.
52. Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW, 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.
53. Rubinstein R, Halon D, Gaspar T, et al. Usefulness of 64-slice multidetector computed tomography in diagnostic triage of patients with chest pain and negative or non diagnostic exercise treadmill test result. *Am J Cardiol.* 2007;99:925-9.
54. Rubinstein R, Halon D, Gaspar T, 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;115:1762-8.
55. Candell-Riera J, Oller-Martinez G, de Leon G, et al. Yield of early rest and stress myocardial perfusion single-photon emission computed tomography and electrocardiographic exercise test in patients with atypical chest pain, non diagnostic electrocardiogram, and negative biochemical markers in the emergency department. *Am J Cardiol.* 2007;99:1662-6.
56. Stillman AE, Hoffman U, Raff GL, 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;23(4).
57. ACC/AHA 2007 Guidelines for the Management of Patients With Unstable Angina/Non ST-Elevation Myocardial Infarction: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2007 Aug 14;116(7):803-77. Epub 2007 Aug 6.