

Angiotomografia Computadorizada com Descarte Triplo Convencional e Parcialmente Sincronizada ao ECG com Cobertura da Aorta Abdominal: Comparação da Dose de Radiação e da Qualidade da Imagem

Conventional and Partially ECG-Gated Triple Rule-Out Computed Tomography Angiography with Extension to Abdominal Aorta: Comparative Radiation Dose and Imaging Quality

Pamela Bertolazzi,¹ Carla Franco Greco Silva,¹ Leonardo Lunes,¹ Fernando Freitas de Oliveira,¹ Fabio Payão Pereira,¹ Publio Cesar Cavalcanti Viana,¹ Isac Castro,¹ Natally Horvat,² José Arimateia Batista Araújo-Filho¹

Hospital Sírio-Libanês,¹ São Paulo, SP – Brasil

Mayo Clinic,² Rochester – EUA

Resumo

Fundamento: A angiotomografia computadorizada (ATC) com descarte triplo (TRO; do inglês, *triple rule-out*) é um protocolo sincronizado ao eletrocardiograma (ECG) que permite a avaliação simultânea das artérias coronárias, da aorta torácica e das artérias pulmonares em um único exame. É especialmente útil para pacientes com risco baixo a moderado de síndrome coronariana aguda no pronto atendimento, particularmente quando dissecação aórtica e embolia pulmonar também são consideradas no diagnóstico diferencial.

Objetivo: O presente estudo visou comparar, em termos de dose de radiação e qualidade da imagem, dois protocolos de TRO: totalmente sincronizado ao ECG (protocolo A) e parcialmente sincronizado ao ECG (protocolo B), ambos incluindo cobertura da aorta abdominal. Tal comparação de protocolos pode ser útil quando algoritmos de reconstrução iterativa não estiverem disponíveis e a transição manual entre em protocolos parcialmente sincronizados ao ECG for necessária.

Métodos: A dose de radiação foi avaliada usando o produto dose-comprimento, a dose efetiva e a dose virtual. Os valores de atenuação foram medidos nas artérias coronárias e pulmonares, bem como na aorta descendente e abdominal. A qualidade da imagem e a conspicuidade dos vasos foram avaliadas por meio de uma escala Likert de 5 pontos.

Resultados: Um total de 56 pacientes foi incluído. O protocolo B demonstrou exposição à radiação significativamente menor em comparação ao protocolo A em todas as métricas: mediana do produto dose-comprimento (1,1 mSv [intervalo interquartil: 0,9 a 1,1] versus 2,2 mSv [intervalo interquartil: 1,6 a 2,8]), dose efetiva (17,0 mSv [intervalo interquartil: 14,3 a 18,1] versus 32,6 mSv [intervalo interquartil: 24,4 a 42,7]) e dose virtual (16,2 [intervalo interquartil: 9,3 a 20,4] versus 34,7 [intervalo interquartil: 19,9 a 43,5]). Todas as diferenças foram estatisticamente significativas ($p < 0,001$). Não houve diferenças significativas nas medidas de atenuação ou na avaliação qualitativa das imagens entre os dois protocolos.

Conclusão: A ATC com TRO parcialmente sincronizada ao ECG proporciona qualidade de imagem comparável à técnica totalmente sincronizada ao ECG, reduzindo significativamente a exposição à radiação, tornando-se uma alternativa mais eficiente em termos de dose de radiação, quando algoritmos de reconstrução iterativa não estiverem disponíveis e a transição manual for necessária.

Palavras-chave: Eletrocardiografia; Redução da Medicação; Relação Dose-Resposta à Radiação.

Abstract

Background: Triple rule-out (TRO) computed tomography angiography (CTA) is an ECG-gated protocol that enables the simultaneous evaluation of the coronary arteries, thoracic aorta, and pulmonary arteries in a single scan. It is especially useful for patients in the emergency department with low to moderate risk of acute coronary syndrome, particularly when aortic dissection and pulmonary embolism are also considered in the differential diagnosis.

Objective: This study aimed to compare two TRO protocols, fully electrocardiogram (ECG)-gated (protocol A) and partially ECG-gated (protocol B), both including coverage of the abdominal aorta, in terms of radiation dose and image quality.

Correspondência: José Arimateia Batista Araújo-Filho •

Hospital Sírio-Libanês. Adma Jafet. CEP: 01308-050. São Paulo, SP – Brasil

E-mail: ariaraujocg@gmail.com

Artigo recebido em 26/04/2025; revisado recebido em 05/05/2025; aceito em 05/05/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250025>

Methods: Radiation dose was evaluated using dose-length product (DLP), effective dose (ED), and virtual dose. Attenuation values were measured in the coronary and pulmonary arteries, as well as in the descending and abdominal aorta. Image quality and vessel conspicuity were assessed using a 5-point Likert scale.

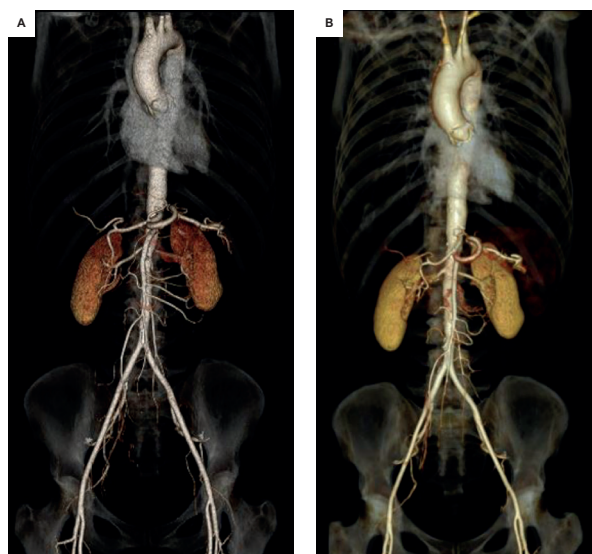
Results: A total of 56 patients were included. Protocol B demonstrated significantly lower radiation exposure compared to protocol A across all metrics: median DLP (1.1 mSv [interquartile range: 0.9 to 1.1] versus 2.2 mSv [interquartile range: 1.6 to 2.8]), ED (17.0 mSv [interquartile range: 14.3 to 18.1] versus 32.6 mSv [interquartile range: 24.4 to 42.7]), and virtual dose (16.2 [interquartile range: 9.3 to 20.4] versus 34.7 [interquartile range: 19.9 to 43.5]); all differences were statistically significant ($p < 0.001$). There were no significant differences in attenuation measurements or qualitative image assessment between the two protocols.

Conclusion: Partially ECG-gated TRO CTA provides comparable image quality to the fully ECG-gated technique while significantly reducing radiation exposure, making it a more dose-efficient alternative.

Keywords: Electrocardiography; Drug Tapering; Radiation Dose-Response Relationship.

Full texts in English - <https://www.abcimaging.org/>

Figura Central: Angiotomografia Computadorizada com Descarte Triplo Convencional e Parcialmente Sincronizada ao ECG com Cobertura da Aorta Abdominal: Comparação da Dose de Radiação e da Qualidade da Imagem



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(2):e20250025

Reconstruções tridimensionais de ATC com renderização de volume do mesmo paciente, mostrando ausência de diferença significativa na qualidade geral da imagem entre os exames com TRO totalmente (A) e parcialmente (B) sincronizados ao ECG.

Introdução

A dor torácica é um dos motivos mais frequentes de atendimentos nas salas de emergência ao redor do mundo. Seu diagnóstico diferencial é amplo, abrangendo tanto causas cardíacas (particularmente doença arterial coronariana) quanto condições não cardíacas, como dissecação aórtica e embolia pulmonar. Distúrbios cardiovasculares podem estar presentes em até 20% dos pacientes,¹ sendo a síndrome coronariana aguda a condição mais temida. Um diagnóstico rápido e preciso é fundamental para reduzir a morbimortalidade em pacientes que apresentam dor torácica. No entanto, distinguir aqueles que necessitam de hospitalização urgente daqueles com condições benignas que podem

receber alta com segurança continua sendo um desafio comum na prática clínica.

Nesse contexto, a angiotomografia computadorizada (ATC) pode agilizar a avaliação de pacientes com dor torácica, descartando efetivamente a síndrome coronariana aguda e oferecendo um alto valor preditivo negativo.^{2,3} Avanços na tecnologia de tomografia computadorizada (TC) e nos protocolos de injeção de contraste possibilitaram ainda mais a implementação da ATC com descarte triplo (TRO; do inglês, *triple rule-out*).⁴ A ATC com TRO é um protocolo sincronizado ao eletrocardiograma (ECG) que permite a avaliação simultânea das artérias coronárias, da aorta torácica e das artérias pulmonares em um único exame. Atualmente, é considerada uma ferramenta diagnóstica custo-efetiva para

Artigo Original

pacientes com risco baixo a moderado de síndrome coronariana aguda no departamento de emergência,² particularmente quando dissecação aórtica e embolia pulmonar também são consideradas no diagnóstico diferencial.^{5,6} No entanto, antes de implementar a ATC com TRO, é essencial considerar a exposição à radiação e os parâmetros técnicos do exame, pois esses fatores podem apresentar desafios dependendo das capacidades operacionais do sistema de TC disponível.

Vários sistemas de TC podem ser usados para realizar o protocolo de ATC com TRO, incluindo aparelhos multidetectores de 64 e 128 canais, bem como sistemas de dupla energia. Esses métodos geralmente empregam sincronização retrospectiva ao ECG para aprimorar a visualização das artérias coronárias. No entanto, o uso de cobertura anatômica expandida e valores de *pitch* baixos está associado a um aumento significativo na dose média de radiação.^{7,8} Além disso, os protocolos de injeção de contraste e as técnicas de varredura para ATC com TRO variam amplamente entre as instituições, frequentemente levando a uma qualidade de imagem inconsistente.⁹ Diante desses desafios, é essencial manter a alta qualidade de imagem e, ao mesmo tempo, minimizar a exposição à radiação.

Nos últimos anos, diversas estratégias foram propostas para abordar essa questão.^{4,10-14} Ketelsen et al.,¹⁵ por exemplo, demonstraram uma redução significativa na dose de radiação utilizando sincronização prospectiva ao ECG, em comparação com a abordagem retrospectiva tradicional. Outros estudos investigaram a redução da dose por meio de otimizações técnicas, como a modulação da corrente do tubo.¹⁴ Até o momento, os estudos existentes sobre redução da dose de radiação na ATC com TRO não incluíram a cobertura total da aorta abdominal, potencialmente limitando a avaliação de dissecações da aorta descendente. Nesse contexto, o objetivo do nosso estudo foi comparar a dose de radiação e a qualidade da imagem diagnóstica entre dois protocolos de ATC com TRO: um totalmente sincronizado ao ECG (protocolo A) e o outro parcialmente sincronizado ao ECG (protocolo B), ambos se estendendo à aorta abdominal.

Materiais e métodos

População do estudo

O presente estudo prospectivo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa institucional, e o consentimento informado foi obtido de todos os participantes. Pacientes consecutivos que apresentaram dor torácica entre janeiro e junho de 2018 e foram encaminhados para ATC com TRO com cobertura da aorta abdominal foram incluídos para serem submetidos ao protocolo parcialmente sincronizado ao ECG (protocolo B). Os critérios de inclusão consistiram em terem sido submetidos previamente a um protocolo totalmente sincronizado ao ECG (protocolo A) em nossa instituição nos últimos 5 anos. Foram excluídos pacientes com contraindicações para TC com contraste, conforme definido pelas diretrizes institucionais.

Tomografia computadorizada com TRO

Todos os exames de ATC com TRO foram realizados em um aparelho de 128 cortes de fonte única (SOMATOM Definition AS+, Siemens, Erlangen, Alemanha) equipado

com tecnologia SAFIRE (reconstrução iterativa afirmada por sinograma), utilizando ECG com sincronização retrospectiva. As imagens foram adquiridas com os pacientes em decúbito dorsal (começando pelos pés), braços elevados e em apneia, com duração de 8 a 20 segundos, dependendo da constituição corporal.

Os parâmetros da imagem incluíram colimação do detector de 128 × 0,6 mm, espessura de corte de 0,6 mm e tempo de rotação do gantry de 0,3 segundos. Para ambos os protocolos, foram ativados os sistemas de controle automático de exposição (CAREDose 4D para modulação da corrente do tubo e CAREkV para otimização da voltagem do tubo).

- Protocolo A (totalmente sincronizado ao ECG): voltagem do tubo de 120 kV e corrente de referência do tubo (mAs de referência) de 210 mAs.
- Protocolo B (parcialmente sincronizado ao ECG): duas aquisições sequenciais:
 - Fase da aorta torácica (sincronizada ao ECG): 120 kV, 160 mAs de referência, com CAREDose 4D.
 - Fase da aorta abdominal (não sincronizada ao ECG): mesmas configurações de voltagem e mAs.
- A Tabela 1 resume as principais diferenças entre os protocolos A e B.
- Foram aplicados os seguintes parâmetros de reconstrução:
 - Tórax: 1,0 mm de espessura, incremento de 0,7 mm, filtro liso médio D30f, janela mediastinal.
 - Aorta (extensão total): 1,0 mm de espessura, incremento de 0,7 mm, filtro liso I26f, janela angiográfica.
 - Artérias coronárias: 0,6 mm de espessura, incremento de 0,3 mm, filtro D30f, janela angiográfica.

Uma bomba injetora eletromecânica foi utilizada para administrar 150 mL de contraste iodado não iônico (Omnipaque® 300, Iohexol 300 mg/mL; GE Healthcare, EUA) a uma vazão de 4 mL/s. O início da varredura foi controlado por um software de rastreamento de bolus, com uma região de interesse (ROI) posicionada na aorta abdominal.

Dose de radiação

A dose de radiação foi avaliada utilizando o produto dose-comprimento e a dose efetiva, expressos em milisieverts (mSv), calculados de acordo com os fatores de conversão da Comissão Europeia. Além disso, as doses específicas de cada órgão foram estimadas utilizando VirtualDose™ (Virtual Phantoms Inc., Albany, USA), uma ferramenta baseada em

Tabela 1 – Parâmetros da ATC com TRO em nossa instituição

Parâmetro	Protocolo A	Protocolo B
Detector de colimação (mm)	128 × 0,6	128 × 0,6
Tempo de rotação (s)	0,3	0,3
Voltagem do tubo (kVp)	120	120
mAs de referência	210	160

phantoms computacionais anatomicamente realistas que representam pacientes pediátricos, gestantes e adultos com diferentes tamanhos e morfologias corporais.¹⁶

Avaliação das imagens

Os conjuntos de imagens foram anonimizados e ordenados aleatoriamente para revisão. Um radiologista abdominal certificado, com 10 anos de experiência e sem conhecimento do protocolo de exame, avaliou independentemente todos os exames para análise quantitativa e qualitativa das imagens.

As medições de atenuação foram realizadas em uma estação de trabalho de pós-processamento PACS (Carestream Health, Rochester, EUA) em quatro localizações anatômicas predefinidas: tronco pulmonar, aorta descendente, artéria coronária descendente anterior e aorta abdominal. ROIs circulares foram manualmente posicionadas no centro de cada vaso com as seguintes dimensões: $0,6 \times 0,5$ cm (tronco pulmonar), $0,6 \times 0,5$ cm (aorta descendente), $0,1 \times 0,1$ cm (artéria coronária descendente anterior) e $0,6 \times 0,5$ cm (aorta abdominal), conforme ilustrado na Figura 1.

A avaliação subjetiva da qualidade da imagem foi realizada utilizando uma escala Likert de 5 pontos,¹⁷ em que 1 = excelente, 2 = bom, 3 = suficiente, 4 = subótimo e 5 = insatisfatório. O radiologista também avaliou a conspicuidade das principais estruturas vasculares torácicas e abdominais, incluindo tronco pulmonar, artérias pulmonares lobares e segmentares, arco aórtico, aorta descendente, valva aórtica, tronco coronário esquerdo, artéria coronária direita, artéria circunflexa, tronco celíaco, artérias mesentéricas superiores e inferiores, artérias renais direitas e esquerdas e artérias ilíacas direitas e esquerdas. Além disso, foi avaliada a qualidade da imagem de achados relevantes, como stents coronários e endopróteses aórticas.

Análise estatística

As variáveis contínuas foram apresentadas como medianas com intervalos interquartís (IIQ), enquanto as variáveis categóricas foram expressas como contagens e proporções. As comparações entre os protocolos A e B foram realizadas utilizando o teste t de Student ou o teste de soma de postos de Wilcoxon, dependendo da distribuição dos dados. Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SPSS (versão 22.0, IBM Corp.). A metodologia estatística foi revisada por um estatístico independente.

Resultados

A população final do estudo incluiu 56 pacientes, dos quais 38 (68%) eram homens, com mediana de idade de 66 anos (IIQ: 59 a 70). O intervalo de tempo mediano entre o protocolo A e o protocolo B foi de 24 meses (IIQ: 14,2 a 33,3). As características dos pacientes estão resumidas na Tabela 2.

Em termos da dose de radiação, a mediana de DLP para o protocolo B foi de 1,1 mSv (IQR: 0,9 a 1,1), enquanto para o protocolo A foi de 2,2 mSv (IQR: 1,6 a 2,8). A mediana de ED para o protocolo B foi de 17,0 mSv (IQR: 14,3 a 18,1) e

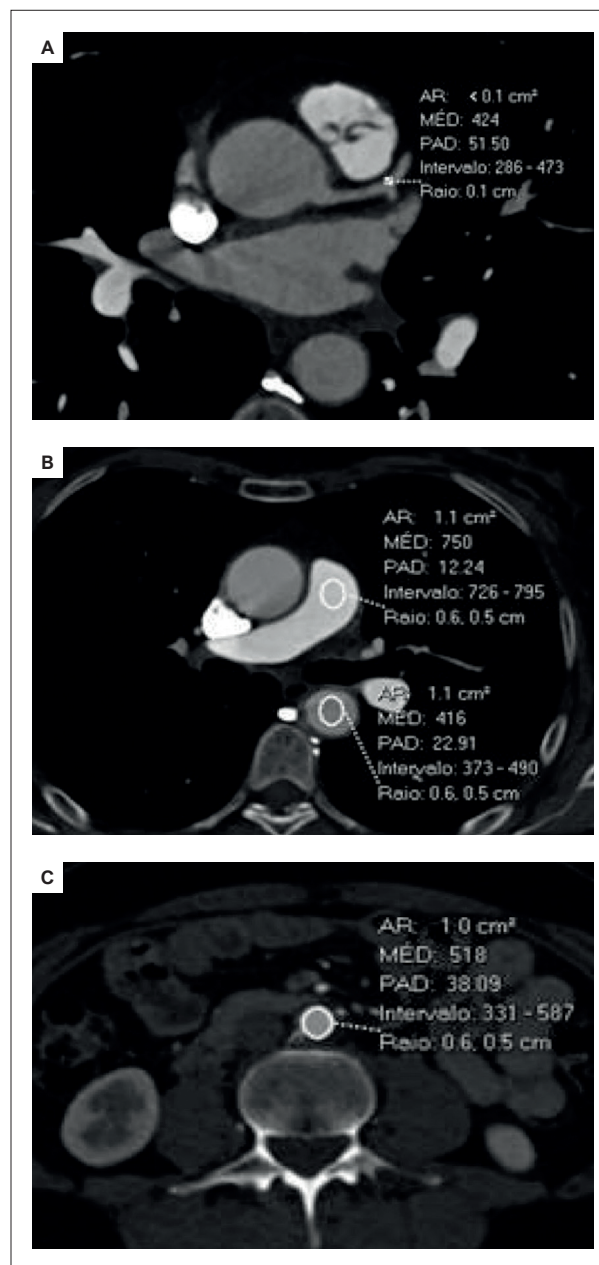


Figura 1 – ATC no plano axial demonstrando as 4 regiões circulares de interesse predefinidas para avaliar as medidas de atenuação na artéria coronária descendente anterior (A), tronco pulmonar e aorta descendente (B), e aorta abdominal (C).

32,6 mSv (IQR: 24,4 a 42,7) para o protocolo A. Os valores de DLP e ED foram significativamente menores para o protocolo B em comparação ao protocolo A ($p < 0,001$). Além disso, a dose virtual para o protocolo B foi significativamente menor do que para o protocolo A, 16,2 (IQR: 9,3 a 20,4) versus 34,7 (IQR: 19,9 a 43,5), respectivamente ($p < 0,001$), conforme mostrado na Tabela 3.

Em relação à avaliação da imagem, não foram observadas diferenças significativas nas medidas quantitativas de atenuação

Artigo Original

da aorta ascendente, aorta descendente, aorta abdominal e tronco pulmonar entre os protocolos A e B (Tabela 4). Da mesma forma, não foram encontradas diferenças significativas na avaliação qualitativa da conspicuidade das artérias torácicas e abdominais principais ou na qualidade geral da imagem entre os protocolos A e B (Tabela 5 e Figura Central).

Discussão

Em nossa população de estudo, as medianas de produto dose-comprimento e dose efetiva foram significativamente

menores no protocolo B em comparação ao protocolo A, com uma redução igualmente significativa na dose virtual para o protocolo B. No entanto, não houve diferenças significativas entre os dois protocolos em relação à análise quantitativa das medidas de ROI nas grandes artérias torácicas e abdominais ou às avaliações qualitativas da conspicuidade vascular e da qualidade geral das imagens.

Um estudo anterior que focou exclusivamente na avaliação do tórax, relatou valores estimados de dose efetiva para ATC com TRO e sincronização retrospectiva ao ECG variando de 7,4 a 13,4 mSv para homens e de 10,1 a 17,5 mSv para mulheres.¹⁵ Outro estudo, que também incluiu apenas o tórax, utilizando um aparelho de maior cobertura, demonstrou dose efetiva de 9,7 a 23,2 mSv, dependendo da frequência cardíaca do paciente.¹⁸ Em comparação, nossos resultados para o protocolo de ATC com TRO parcialmente sincronizada ao ECG, que incluiu o abdômen, mostraram dose efetiva variando de 14,3 a 18,1 mSv. Essa faixa é consistente com estudos anteriores e tem a vantagem adicional de avaliar a aorta abdominal.

Nos últimos anos, os fabricantes de equipamentos desenvolveram diversos protocolos de aquisição para combinar imagens torácicas e abdominais em angiografias. Por exemplo, alguns fabricantes implementaram a comutação automática para varredura sem sincronização com um *pitch* mais rápido para imagens da aorta abdominal. No entanto, em certas

Tabela 2 – Características dos pacientes

Características	Total (N = 56) Mediana (IIQ ou %)
Sexo (masculino/feminino)	38/18 (68%/32%)
Idade (anos)	66 (59-70)
IMC (kg/m ²)	23,5 (21,0-25,9)
Intervalo entre protocolo A e B (meses)	24 (14,2-33,3)

IIQ: intervalo interquartil; IMC: índice de massa corporal.

Tabela 3 – Doses de radiação dos protocolos A e B

	Protocolo A	Protocolo B	p
Produto dose-comprimento, mediana (IIQ)	2,2 (1,6-2,8)	1,1 (0,9-1,1)	< 0,001
Dose efetiva, mediana (IIQ)	32,6 (24,4-42,7)	17,0 (14,3-18,1)	< 0,001

IIQ: intervalo interquartil.

Tabela 4 – Atenuação arterial medida em unidades Hounsfield nos protocolos A e B

	Protocolo A	Protocolo B	p
Aorta ascendente, mediana (IIQ)	432 (377-390)	439 (387-500)	0,601
Aorta descendente, mediana (IIQ)	399 (346-458)	405 (363-451)	0,890
Aorta abdominal, mediana (IIQ)	406 (364-475)	393 (335-456)	0,486
Tronco pulmonar, mediana (IIQ)	460 (387-551)	477 (416-531)	0,835

IIQ: intervalo interquartil.

Tabela 5 – Comparação da avaliação subjetiva da qualidade geral da imagem e da conspicuidade dos grandes vasos torácicos e abdominais

	p
Qualidade geral da imagem	0,610
Tronco pulmonar	0,564
Artérias lobares	0,705
Artérias segmentares	1,000
Arco aórtico	0,317
Aorta descendente	0,157
Válvula aórtica	0,107
Tronco coronário esquerdo	1,000
Artéria coronária direita	0,750
Artéria circunflexa	0,301
Tronco celíaco	0,317
Artéria mesentérica superior	1,000
Artéria mesentérica inferior	1,000
Artéria renal direita	1,000
Artéria renal esquerda	1,000
Artérias ilíacas direitas	0,317
Artérias ilíacas esquerdas	0,317

unidades de TC, algoritmos de reconstrução iterativa automática não estão disponíveis, exigindo transições manuais em protocolos parcialmente sincronizados ao ECG. Essa comutação manual entre sequências sincronizadas e não sincronizadas pode consumir mais tempo, podendo introduzir artefatos de reconstrução. A unidade de TC utilizada em nosso estudo não possuía o algoritmo de reconstrução iterativa automática, mas nenhuma perda significativa na qualidade da imagem foi observada. Com base nesses achados, defendemos fortemente a incorporação de protocolos parcialmente sincronizados ao ECG quando a aorta abdominal for incluída, mesmo na ausência de comutação automática.

Atualmente, a ATC com TRO é reconhecida como uma importante ferramenta diagnóstica para pacientes selecionados no departamento de emergência com dor torácica aguda.^{19,20} No entanto, não há diretrizes estabelecidas descrevendo suas indicações clínicas. Pouquíssimos estudos, como o nosso, incorporaram a aorta abdominal ao protocolo para aprimorar a avaliação de toda a aorta quando dissecações da aorta descendente precisam ser descartadas. A significância clínica de nossos achados reside na viabilidade de incluir a varredura da aorta abdominal em um protocolo de ATC com TRO parcialmente sincronizada ao ECG, o que fornece informações diagnósticas adicionais sem um aumento substancial na dose efetiva de radiação em comparação a estudos anteriores apenas torácicos.^{7,8,15,18}

Algumas limitações deste estudo devem ser observadas. Primeiro, a análise de imagem foi realizada por um único radiologista experiente, o que impediu a avaliação da concordância interobservador e pode ter introduzido viés na avaliação da qualidade da imagem. Além disso, o impacto da frequência cardíaca na qualidade da imagem não foi explorado em uma comparação de subgrupos. Por fim, não comparamos os tempos de procedimento para cada protocolo ou o tempo necessário para a reconstrução da imagem. Esses aspectos devem ser abordados em estudos futuros. Ademais, pesquisas adicionais são necessárias para avaliar a relação custo-benefício de incluir a varredura abdominal na ATC com TRO para pacientes com diferentes níveis de risco de dissecação aórtica.

Em conclusão, nosso estudo demonstra a viabilidade de usar um protocolo de aquisição parcialmente sincronizado ao ECG como uma estratégia eficaz para reduzir a dose de radiação em comparação com a técnica totalmente sincronizada ao ECG na ATC com TRO quanto algoritmos de reconstrução iterativa não estiverem disponíveis. O protocolo proposto manteve a

qualidade da imagem, com extensão da varredura para incluir a aorta abdominal, sem perda da qualidade das imagens quando a transição manual em protocolos parcialmente sincronizados ao ECG for necessária.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Bertolazzi P, Horvat N; obtenção de dados: Bertolazzi P, Silva CFG, Oliveira FF, Pereira FP, Viana PCC; análise e interpretação dos dados e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Horvat N, Araújo-Filho JAB; análise estatística: Castro I; redação do manuscrito: Bertolazzi P, Silva CFG, Iunes L.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de ensino e pesquisa sirio-libanes sob o número de protocolo 2.445.680. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível mediante solicitação ao autor correspondente.

Referências

1. Hsia RY, Hale Z, Tabas JA. A National Study of the Prevalence of Life-Threatening Diagnoses in Patients with Chest Pain. *JAMA Intern Med.* 2016;176(7):1029-32. doi: 10.1001/jamainternmed.2016.2498.
2. Takakuwa KM, Halpern EJ. Evaluation of a "Triple Rule-Out" Coronary CT Angiography Protocol: Use of 64-Section CT in Low-to-Moderate Risk Emergency Department Patients Suspected of Having Acute Coronary Syndrome. *Radiology.* 2008;248(2):438-46. doi: 10.1148/radiol.2482072169.
3. Galperin-Aizenberg M, Cook TS, Hollander JE, Litt HI. Cardiac CT Angiography in the Emergency Department. *AJR Am J Roentgenol.* 2015;204(3):463-74. doi: 10.2214/AJR.14.12657.
4. Kim HS, Kim SM, Cha MJ, Kim YN, Kim HJ, Choi JH, et al. Triple Rule-Out CT Angiography Protocol with Restricting Field of View for Detection of Pulmonary Thromboembolism and Aortic Dissection in Emergency Department Patients: Simulation of Modified CT Protocol for Reducing Radiation Dose. *Acta Radiol.* 2017;58(5):521-7. doi: 10.1177/0284185116663044.
5. Burris AC 2nd, Boura JA, Raff GL, Chinnaiyan KM. Triple Rule Out versus Coronary CT Angiography in Patients with Acute Chest Pain: Results from the ACIC Consortium. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015;8(7):817-25. doi: 10.1016/j.jcmg.2015.02.023.

6. Gaspar T, Halon DA, Peled N. Advantages of Multidetector Computed Tomography Angiography in the Evaluation of Patients with Chest Pain. *Coron Artery Dis.* 2006;17(2):107-13. doi: 10.1097/00019501-200603000-00003.
7. Madder RD, Raff GL, Hickman L, Foster NJ, McMurray MD, Carlyle LM, et al. Comparative Diagnostic Yield and 3-Month Outcomes of "Triple Rule-Out" and Standard Protocol Coronary CT Angiography in the Evaluation of Acute Chest Pain. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2011;5(3):165-71. doi: 10.1016/j.jcct.2011.03.008.
8. Manheimer ED, Peters MR, Wolff SD, Qureshi MA, Atluri P, Pearson GD, et al. Comparison of Radiation Dose and Image Quality of Triple-Rule-Out Computed Tomography Angiography between Conventional Helical Scanning and a Strategy Incorporating Sequential Scanning. *Am J Cardiol.* 2011;107(7):1093-8. doi: 10.1016/j.amjcard.2010.11.038.
9. Halpern EJ. Triple-Rule-Out CT Angiography for Evaluation of Acute Chest Pain and Possible Acute Coronary Syndrome. *Radiology.* 2009;252(2):332-45. doi: 10.1148/radiol.2522082335.
10. Chen Y, Wang Q, Li J, Jia Y, Yang Q, He T. Triple-Rule-Out CT Angiography Using Two Axial Scans with 16 cm Wide-Detector for Radiation Dose Reduction. *Eur Radiol.* 2018;28(11):4654-61. doi: 10.1007/s00330-018-5426-y.
11. Krissak R, Henzler T, Prechel A, Reichert M, Gruettner J, Sueselbeck T, et al. Triple-Rule-Out Dual-Source CT Angiography of Patients with Acute Chest Pain: Dose Reduction Potential of 100 kV Scanning. *Eur J Radiol.* 2012;81(12):3691-6. doi: 10.1016/j.ejrad.2010.11.021.
12. Takx RAP, Krissak R, Fink C, Bachmann V, Henzler T, Meyer M, et al. Low-Tube-Voltage Selection for Triple-Rule-Out CTA: Relation to Patient Size. *Eur Radiol.* 2017;27(6):2292-7. doi: 10.1007/s00330-016-4607-9.
13. Kidoh M, Nakaura T, Nakamura S, Namimoto T, Nozaki T, Sakaino N, et al. Contrast Material and Radiation Dose Reduction Strategy for Triple-Rule-Out Cardiac CT Angiography: Feasibility Study of Non-ECG-Gated Low kVp Scan of the Whole Chest Following Coronary CT Angiography. *Acta Radiol.* 2014;55(10):1186-96. doi: 10.1177/0284185113514886.
14. Takakuwa KM, Halpern EJ, Gingold EL, Levin DC, Shofer FS. Radiation Dose in a "Triple Rule-Out" Coronary CT Angiography Protocol of Emergency Department Patients Using 64-MDCT: The Impact of ECG-Based Tube Current Modulation on Age, Sex, and Body Mass Index. *AJR Am J Roentgenol.* 2009;192(4):866-72. doi: 10.2214/AJR.08.1758.
15. Ketelsen D, Fenchel M, Thomas C, Buchgeister M, Boehringer N, Tsiflikas I, et al. Estimation of Radiation Exposure of Retrospective Gated and Prospective Triggered 128-Slice Triple-Rule-Out CT Angiography. *Acta Radiol.* 2011;52(7):762-6. doi: 10.1258/ar.2010.100274.
16. Ding A, Gao Y, Liu H, Caracappa PF, Long DJ, Bolch WE, et al. VirtualDose: A Software for Reporting Organ Doses from CT for Adult and Pediatric Patients. *Phys Med Biol.* 2015;60(14):5601-25. doi: 10.1088/0031-9155/60/14/5601.
17. Likert R. Rensis Likert on Managing Human Assets. *Bull Train.* 1978;3(5):1-4.
18. Kang EJ, Lee KN, Kim DW, Kim BS, Choi S, Park BH, et al. Triple Rule-out Acute Chest Pain Evaluation Using a 320-Row-Detector Volume CT: A Comparison of the Wide-Volume and Helical Modes. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2012;28(Suppl 1):7-13. doi: 10.1007/s10554-012-0072-y.
19. Si-Mohamed S, Greffier J, Bobbia X, Larbi A, Delicque J, Khasanova E, et al. Diagnostic Performance of a Low Dose Triple Rule-out CT Angiography Using SAFIRE in Emergency Department. *Diagn Interv Imaging.* 2017;98(12):881-91. doi: 10.1016/j.diii.2017.09.006.
20. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, Casey DE Jr, et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for the Diagnosis and Management of Patients with Thoracic Aortic Disease: A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Circulation.* 2010;121(13):e266-369. doi: 10.1161/CIR.0b013e3181d4739e.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons