

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXVII

Capítulo 43

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DAS ARTÉRIAS CORONÁRIAS: APLICAÇÕES NA ESTRATIFICAÇÃO DE RISCO CARDIOVASCULAR

GABRIELLE DE SOUZA GAVA¹
LAURA GAVA MORETTI²
GABRIELA SANTOS ARAÚJO¹
HUGO HENRIQUE DA SILVA NESPOLO³
KEMILY GIOVANNA DO NASCIMENTO SILVA¹
LARA ALVES TAVARES¹
LÍBNA PINTO DA SILVA¹
LUIZ GUSTAVO RIBEIRO DOS SANTOS¹
RAQUEL RODRIGUES MUELLER¹

1. Discente – Curso de Medicina da Pontifícia Universidade do Paraná, campus Londrina.
2. Discente – Curso de Medicina da Fundação Educacional do Município de Assis.
3. Discente – Curso de Medicina da Universidade de Marília.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada de Artérias Coronárias; Angiografia por Tomografia Computadorizada; Fatores de Risco de Doenças Cardíacas.

DOI

10.59290/6289265800

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a cardiologia testemunhou uma transição marcante na abordagem diagnóstica da doença arterial coronariana (DAC), migrando progressivamente de métodos puramente invasivos para estratégias de imagem de alta precisão e não invasivas (RUBERG, 2005). Nesse cenário, a tomografia computadorizada (TC) das artérias coronárias emergiu como uma alternativa revolucionária, amadurecendo de uma tecnologia experimental para uma modalidade diagnóstica e prognóstica robusta, amplamente validada tanto em contextos eletivos quanto de urgência (DE CECCO *et al.*, 2014). Do ponto de vista clínico, a TC cardíaca atua na interface entre a radiologia e a cardiologia, exigindo uma forte colaboração multidisciplinar para a correta integração de seus achados ao manejo clínico do paciente (RUBERG, 2005).

O exame engloba duas vertentes principais e complementares: o escore de cálcio coronário (CAC), voltado para a triagem e estratificação preventiva, e a angiotomografia computadorizada coronária (angio-TC; demonstrada na **Figura 43.1**), que viabiliza a avaliação anatômica direta da árvore arterial (WINCHESTER *et al.*, 2010). A incorporação definitiva dessa tecnologia na rotina médica baseia-se em seu extraordinário valor preditivo negativo (VPN) de aproximadamente 99% a 100% (DE CECCO *et al.*, 2014). Essa característica confere à TC cardíaca o papel de principal ferramenta *gatekeeper* (portaria de segurança), permitindo excluir com segurança a presença de doença obstrutiva significativa e evitar cateterismos desnecessários em populações de risco intermediário (DE CECCO *et al.*, 2014).

O escore de cálcio coronário (CAC) baseia-se na relação entre a calcificação e a carga aterosclerótica, sendo obtido por tomografia computadorizada sem contraste e quantificado pelo

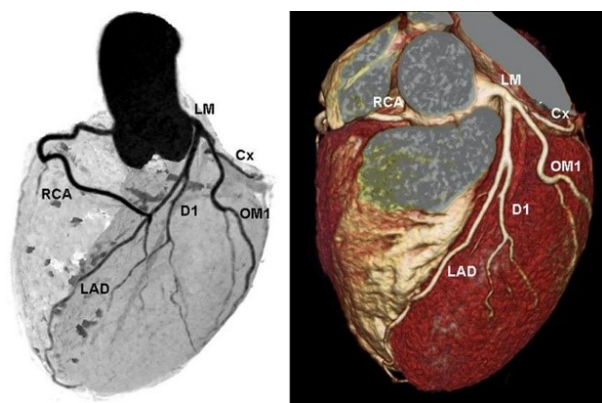
método de Agatston. Sua principal aplicação clínica está na estratificação do risco cardiovascular, especialmente em indivíduos assintomáticos com risco intermediário. A ausência de calcificação (CAC = 0) está associada a excelente prognóstico e baixo risco de eventos cardiovasculares, embora não exclua a presença de placas não calcificadas, sobretudo em indivíduos jovens. Dessa forma, o CAC deve ser interpretado em conjunto com características clínicas e fatores de risco, contribuindo para decisões individualizadas de prevenção cardiovascular (WINCHESTER *et al.*, 2010; LAKSHMANAN *et al.*, 2022; VRINTS *et al.*, 2024).

Em contraste, a angiotomografia computadorizada (angio-TC) coronária utiliza contraste iodado para avaliar diretamente a luz arterial, permitindo identificar e quantificar estenoses e caracterizar a gravidade da doença aterosclerótica (BUDOFF *et al.*, 2008; DE CECCO *et al.*, 2014). O estudo ACCURACY demonstrou elevada capacidade diagnóstica do método, com sensibilidade de aproximadamente 95% e valor preditivo negativo de 99% para a detecção de estenoses $\geq 50\%$, consolidando seu papel como importante alternativa não invasiva à angiografia coronária invasiva (BUDOFF *et al.*, 2008). Apesar disso, calcificações coronarianas extensas podem reduzir sua especificidade devido a artefatos de *blooming*, dificultando a avaliação precisa da luz vascular (BUDOFF *et al.*, 2008). Não obstante, do ponto de vista prognóstico, angiotomografias normais ou com doença não obstrutiva estão associadas a menor ocorrência de eventos cardiovasculares quando comparados à presença de doença obstrutiva (WINCHESTER *et al.*, 2010).

Ademais, o salto tecnológico mais marcante e recente na área da tomografia computadorizada cardíaca é a introdução da TC por detector de contagem de fótons (*Photon-Counting Detector* CT/PCD-CT), diferenciando-se dos detectores integradores de energia convencionais

por converter diretamente os fótons de raios-X em sinais elétricos, sem emitir luz intermediária, eliminando o ruído eletrônico e proporcionando uma resolução espacial ultra-alta (máximo de 0,11 mm de resolução em plano e 0,16 mm transversal). Essa inovação reduz drasticamente os efeitos de volume parcial e os artefatos de *blooming* gerados por calcificações severas (DEMMERT *et al.*, 2026).

Figura 43.1 Exemplificação de Angiotomografia computadorizada coronária normal



Legenda: Angio-TC das artérias coronárias sem alterações significativas, sem evidências de estenose ou aterosclerose. Cx indica artéria circunflexa; D1, primeira diagonal; LAD artéria descendente anterior esquerda; LM, tronco da coronária esquerda; OM1, primeira marginal obtusa; e RCA artéria coronária direita. Fonte: DE CECCO *et al.*, 2014.

O avanço dos tomógrafos multidetectores, com maior resolução espacial e temporal, ampliou a aplicabilidade da angio-TC, inclusive em pacientes com frequências cardíacas elevadas ou determinadas arritmias. Assim, o desenvolvimento tecnológico associado à capacidade diagnóstica e prognóstica dos métodos tomográficos supracitados consolidou a tomografia de artérias coronárias como importante ferramenta na avaliação contemporânea da doença arterial coronariana (DE CECCO *et al.*, 2014).

O objetivo deste estudo foi analisar as aplicações da tomografia computadorizada das artérias coronárias, com ênfase no escore de cálcio coronário e na angiotomografia computado-

rizada coronária, na estratificação do risco cardiovascular. Nesse contexto, o enfoque foi a sua contribuição para a identificação da doença arterial coronariana, avaliação da carga aterosclerótica e caracterização da presença e gravidade de estenoses coronarianas, bem como seu papel na tomada de decisão clínica e na prevenção de eventos cardiovasculares.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, realizada a partir da consulta a publicações científicas relacionadas ao uso da tomografia computadorizada das artérias coronárias na avaliação e estratificação do risco cardiovascular. O escopo da investigação se concentrou nas duas principais modalidades abordadas na literatura: o escore de cálcio coronário (CAC) e a angiotomografia computadorizada coronária (angio-TC), considerando suas aplicações na identificação e caracterização da doença arterial coronariana. Foram analisados estudos dos últimos dez anos e pioneiros que abordassem a utilização do CAC na detecção e quantificação das calcificações coronarianas, sua relação com a carga aterosclerótica e sua contribuição para a estimativa do risco de eventos cardiovasculares. Também foram considerados estudos referentes à angio-TC, com enfoque na avaliação anatômica das artérias coronárias, identificação e quantificação de estenoses, caracterização da doença aterosclerótica e avaliação de seu valor prognóstico. A análise contemplou ainda aspectos relacionados às limitações dos métodos, incluindo a possibilidade de presença de placas não calcificadas e a interferência de calcificações extensas na avaliação da luz vascular. A estratégia de busca de dados foi organizada por meio do levantamento bibliográfico nas bases de dados Embase, PubMed (MEDLINE) e no Portal de Periódicos CAPES, utilizando-se Descritores em Ciência da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH): “Tomografia

Computadorizada de Emissão”, “Angiografia por Tomografia Computadorizada”, “Fatores de Risco de Doenças Cardíacas”. Por fim, os achados foram dispostos e sintetizados de forma qualitativa, buscando integrar as evidências disponíveis sobre a contribuição da TC coronariana para a estratificação de risco, avaliação prognóstica e tomada de decisão clínica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TC é um método de imagem não invasivo que utiliza raios X e processamento computadorizado para gerar imagens em cortes transversais do coração e das artérias coronárias. Na avaliação cardiovascular, a TC detecta depósitos de cálcio nas paredes arteriais por meio de diferenças na atenuação dos raios X, permitindo o cálculo do CAC, escore relevante, visto que, uma vez elevado, encontra-se associação direta a maior risco de eventos, como infarto agudo do miocárdio. Além disso, o CAC pode contribuir para a reclassificação de pacientes de risco intermediário e para decisões preventivas e terapêuticas, sendo um marcador da carga aterosclerótica (AMARAL *et al.*, 2024). A tomografia computadorizada por feixe de elétrons (EBCT), especialmente por meio do CAC, é um método que permite estimar a carga aterosclerótica e auxiliar na estratificação do risco cardiovascular. É válido mencionar que a sensibilidade da EBCT para detectar cálcio coronário varia entre 71% e 100% e, dessa forma, trata-se de um exame capaz de detectar o cálcio, caso ele esteja presente, mas, como sua especificidade varia entre 41% e 76%, às vezes ocorre a detecção de cálcio em pacientes sem DAC significativa. Dessa forma, o exame se limita a identificar apenas placas calcificadas, não avaliando diretamente o grau de estenose e não excluindo a existência de doença arterial coronariana pela ausência de cálcio (MINNESOTA HEALTH TECHNOLOGY ADVISORY COMMITTEE, 1997; AMARAL *et al.*, 2024).

Já a Angio-TC utiliza contraste intravenoso para obter imagens detalhadas das artérias coronárias, possibilitando a identificação de placas ateroscleróticas e a avaliação do grau de estenose coronariana (DEMMERT *et al.*, 2026; GRUNAU *et al.*, 2016; LEIPSIC *et al.*, 2014). Em comparação com exames de função, como o Ecocardiograma de estresse com dobutamina, a cintilografia de perfusão miocárdica (CPM) e a tomografia por emissão de prótons (PET), o desempenho da Angio-TC mostra-se semelhante quanto à detecção de DAC, visto que em um estudo com 30 pacientes, a sensibilidade e especificidade da angio-TC foi 94% e 96%, respectivamente, sendo maiores do que as da CPM (81% e 78%, respectivamente). Em outro estudo com 78 pacientes (24% com DAC conhecida), os quais foram encaminhados para angiogramografia coronária invasiva (ACI), CMP e angio-TC, demonstrou que tanto a angio TC, quanto a ACI apresentaram desempenho semelhante na predição de isquemia reversível detectada na CPM nuclear. Uma pesquisa realizada através de quatro estudos comparou a Angio TC coronária com a ACI, a qual é um exame anatômico mais comumente utilizado para o diagnóstico de DAC. Neste estudo a angio-TC apresentou um valor preditivo negativo (VPN) de 95% a 100% mesmo em pacientes com CAC elevados, demonstrando a superioridade da Angio TC na prática clínica sobre essas metodologias (WINCHESTER *et al.*, 2010).

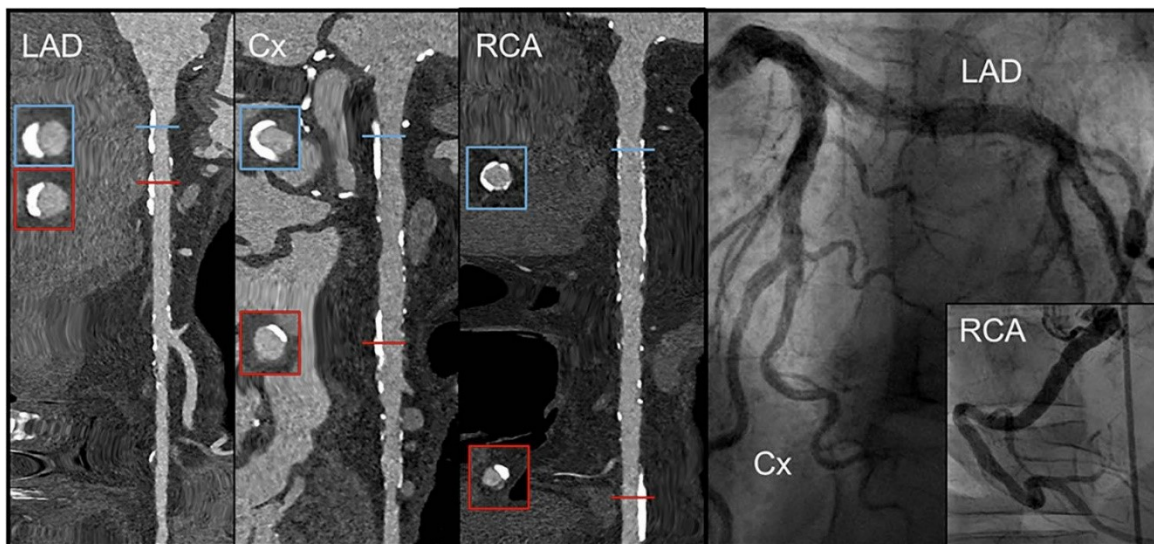
Contudo, a presença de calcificações coronárias acentuadas pode ocasionar artefatos de *blooming* na angiotomografia coronária convencional, comprometendo a adequada delimitação do lúmen vascular e, consequentemente, reduzindo a acurácia diagnóstica do método. Nesse contexto, a tomografia computadorizada com detector de contagem de fótons (TC-DCF), associada à técnica de ultra-alta resolução (UHR), apresenta maior resolução espacial e capacidade de reduzir os artefatos de *blooming*

relacionados à calcificação, favorecendo uma avaliação mais precisa das artérias coronárias (DEMMERT *et al.*, 2026).

Figura 43.2 e 43.3 - Comparação entre os métodos de imagem angiografia coronária por

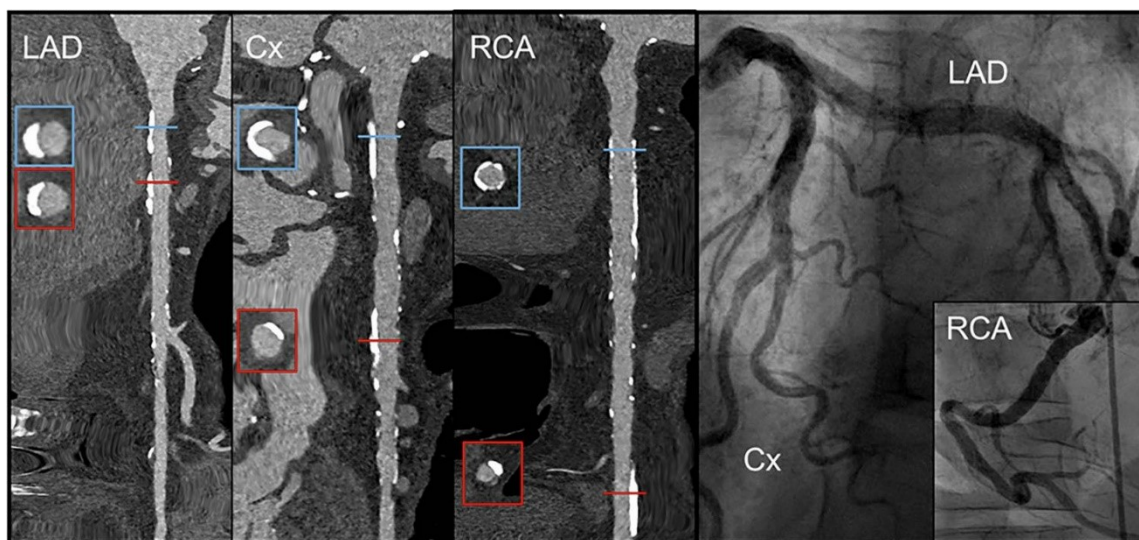
tomografia computadorizada com detector de contagem de fótons de ultra-alta resolução, angiotomografia coronária e a angiografia coronária invasiva

Figura 43.2 Avaliação coronariana multimodal em paciente de 69 anos com ausência de estenose significativa



Legenda: Angiografia coronária por TC com detector de contagem de fótons de ultra-alta resolução e angiografia coronária invasiva em um paciente do sexo masculino de 69 anos com estenose aórtica grave, com indicação para implante transcater de válvula aórtica. O escore de Agatston foi de 5221; a angiotomografia coronária e a angiografia coronária invasiva não mostraram estenose >50% em nenhuma artéria coronária principal. DA artéria descendente anterior esquerda; Cx, artéria circunflexa; ACD, artéria coronária direita. Fonte: Demmert *et al.*, 2026.

Figura 43.3 Avaliação coronariana multimodal em paciente de 78 anos com detecção de estenose significativa nas artérias DA e ACD



Legenda: Angiografia coronária por TC com detector de contagem de fótons de ultra-alta resolução e angiografia coronária invasiva em um paciente do sexo masculino de 78 anos com estenose aórtica grave, com indicação para implante de válvula aórtica transcater. O escore de Agatston foi de 2871. Estenose de diâmetro >70% na DA (artéria descendente anterior esquerda) e na ACD (artéria coronária direita) foi detectada na TC e confirmada pela ACI. DA, artéria descendente anterior esquerda; Cx, artéria circunflexa; ACD, artéria coronária direita. Fonte: Demmert *et al.*, 2026.

Dessa forma, percebe-se que em pacientes com extensas calcificações coronárias, a angiografia coronária convencional apresenta menor desempenho diagnóstico devido aos artefatos de *blooming*, que dificultam a visualização do lúmen. O estudo demonstrou que a TC com detector de contagem de fótons (PCD-CT) em ultra-alta resolução (UHR) permite avaliar as artérias coronárias de forma confiável mesmo em pacientes com elevada carga de cálcio, incluindo escores de Agatston superiores a 3000, sem redução significativa da sensibilidade ou especificidade. Esse melhor desempenho está relacionado à maior resolução espacial da PCD CT, que reduz o ruído e os efeitos de volume parcial, minimizando os artefatos de *blooming* e preservando a visualização do lúmen, inclusive em segmentos calcificados. Dessa forma, a técnica possibilita uma avaliação mais precisa das estenoses coronárias. Clinicamente, a UHR PCD CCTA pode reduzir a necessidade de angiografia coronária invasiva desnecessária, evitando riscos associados a procedimentos invasivos, como eventos embólicos e maior exposição ao contraste intra-arterial, que apresenta maior risco de nefropatia induzida por contraste (DEMMERT *et al.*, 2026).

Outrossim, Vrints *et al.* (2024) aborda o manejo inicial de indivíduos com suspeita de síndrome coronariana crônica, sendo a angiografia coronária (ATC) o padrão-ouro utilizado para a confirmação do diagnóstico, uma vez que a ATC constitui um método de imagem não invasivo que, mediante a administração intravenosa de meio de contraste, possibilita a avaliação anatômica do lúmen e da parede das artérias coronárias, permitindo a identificação e a quantificação de estenoses ateroscleróticas. Apresenta elevada acurácia diagnóstica na investigação da DAC, sendo particularmente útil para a confirmação anatômica da presença ou ausência de doença obstrutiva. Entretanto, estenoses de grau moderado podem não apresentar

repercussão hemodinâmica significativa, sendo necessária, em casos selecionados, a complementação com métodos funcionais ou com a reserva de fluxo fracionada derivada da angiografia coronária por tomografia computadorizada (FFR-CT) para determinar o impacto da lesão sobre o fluxo coronariano.

CONCLUSÃO

A revisão de literatura demonstrou a consolidação da tomografia computadorizada das artérias coronárias como ferramenta robusta na estratificação do risco cardiovascular ao reunir, em um único método, duas dimensões complementares: a extensão da carga aterosclerótica e sua repercussão anatômica e prognóstica real. Enquanto o escore de cálcio coronário destaca-se como marcador não invasivo da carga aterosclerótica, especialmente na triagem de assintomáticos de risco intermediário, sendo CAC = 0 associado a excelente prognóstico, a angio-TC permite a avaliação anatômica direta das artérias coronárias, com elevada acurácia e valor preditivo negativo de aproximadamente 99%, excluindo com segurança doença obstrutiva e evitando procedimentos invasivos desnecessários. O valor prognóstico reforça esse papel, uma vez que exames normais ou com doença não obstrutiva associam-se a menor ocorrência de eventos cardiovasculares quando comparados à presença de doença obstrutiva.

As limitações do método, como os artefatos de *blooming* em calcificações extensas, vêm sendo superadas pela tomografia com detector de contagem de fótons em ultra-alta resolução, capaz de avaliar as artérias coronárias de forma confiável mesmo em pacientes com elevada carga de cálcio, incluindo escores de Agatston superiores a 3000, sem redução significativa da sensibilidade ou especificidade. Clinicamente, essa tecnologia pode reduzir a necessidade de angiografia invasiva desnecessária, evitando

riscos associados a procedimentos invasivos, como eventos embólicos e nefropatia induzida por contraste.

Assim, mais do que um exame pontual, a TC coronariana se estabelece como etapa integrada ao raciocínio clínico, ancorando decisões terapêuticas no risco efetivo de eventos, e não apenas na presença ou ausência de calcificação. Contudo, como estenoses de grau moderado

nem sempre apresentam repercussão hemodinâmica significativa, a complementação com métodos funcionais, como a reserva de fluxo fracionada derivada da angiotomografia (FFR-CT), mostra-se um caminho relevante a ser mais explorado em estudos futuros, de modo a definir com maior precisão o impacto real das lesões sobre o fluxo coronariano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.L.B.H. The benefits of using calcium score in preventing cardiac events. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 13, n. 3, p. e6613345242, 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i3.45242.

BUDOFF, M.J. *et al.* Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY trial. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 52, n. 21, p. 1724-1732, 2008. DOI: 10.1016/j.jacc.2008.07.031.

DE CECCO, C.N. *et al.* Coronary artery computed tomography scanning. *Circulation*, v. 129, n. 12, p. 1341-1345, 2014. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.002835.

DEMMERT, T.T. *et al.* Ultra-high resolution photon-counting detector coronary CT angiography: diagnostic accuracy in patients with high Agatston scores. *European Radiology*, v. 36, p. 4017-4025, 2026. DOI: 10.1007/s00330-025-12158-z.

GRUNAU, B. *et al.* Comparison of rates of coronary angiography and combined testing procedures in patients seen in the emergency room with chest pain (but no objective acute coronary syndrome findings) having coronary computed tomography versus exercise stress testing. *The American Journal of Cardiology*, v. 118, n. 2, p. 155-161, 2016. DOI: 10.1016/j.amjcard.2016.04.051.

LAKSHMANAN, S. *et al.* Zero coronary artery calcium score: desirable, but enough? *The British Journal of Cardiology*, v. 29, n. 3, p. 89-94, 2022. DOI: 10.5837/bjc.2022.023.

LEIPSIC, J. *et al.* SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary CT angiography: a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, v. 8, n. 5, p. 342-358, 2014. DOI: 10.1016/j.jcct.2014.07.003.

MINNESOTA HEALTH TECHNOLOGY ADVISORY COMMITTEE. Detection of coronary artery disease (CAD) with electron beam computed tomography (EBCT). St. Paul: Minnesota Department of Health, 1997. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK52495/>

RUBERG, F.L. Computed tomography of the coronary arteries. *Circulation*, v. 112, p. e7-e8, 2005. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.553347.

VRINTS, C. *et al.* 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. *European Heart Journal*, v. 45, n. 36, p. 3415-3537, 2024. DOI: 10.1093/eurheartj/ehae177.

WINCHESTER, D.E. *et al.* Responsible use of computed tomography in the evaluation of coronary artery disease and chest pain. *Mayo Clinic Proceedings*, v. 85, n. 4, p. 358-364, 2010. DOI: 10.4065/mcp.2009.0620.