

Como Eu Faço Quantificação do Volume Extracelular Miocárdico Utilizando Tomografia Computadorizada Cardíaca

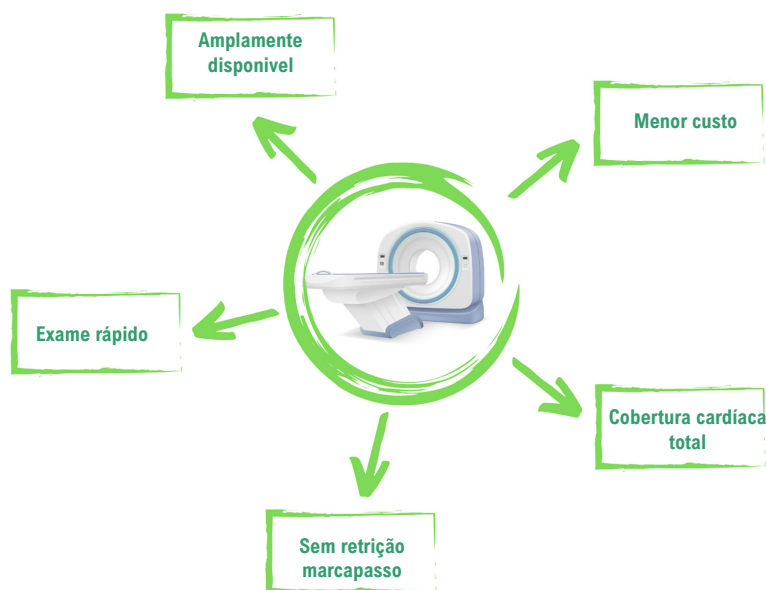
My Approach To Myocardial Extracellular Volume Quantification Using Cardiac Computed Tomography

Gabriel C. Camargo,^{1,2}  Leticia R. Sabioni¹ 

Instituto Nacional de Cardiologia,¹ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino,² Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Figura Central: Como Eu Faço Quantificação do Volume Extracelular Miocárdico Utilizando Tomografia Computadorizada Cardíaca



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(1):e20240112

Vantagens do uso da tomografia computadorizada em comparação com a ressonância magnética para o cálculo do VEC miocárdico.

Resumo

A quantificação do volume extracelular (VEC) miocárdico tem mostrado utilidade diagnóstica e prognóstica em diversas cardiopatias. Embora habitualmente obtido por

meio de exames de ressonância magnética cardíaca (RMC), o VEC também pode ser calculado utilizando imagens de tomografia computadorizada cardíaca (TCC). Neste artigo, foi apresentado o uso da TCC para o cálculo do VEC miocárdico, com uma descrição da técnica, suas vantagens, desvantagens e potenciais aplicações clínicas.

Palavras-chave

Tomografia Computadorizada por Raios X; Cardiomiopatias; Prática Clínica Baseada em Evidências.

Correspondência: Gabriel C. Camargo •

National Institute of Cardiology, R das Laranjeiras, 374. CEP: 22240-006. Rio de Janeiro, RJ – Brasil

E-mail: gabccamargo@gmail.com

Artigo recebido em 30/10/2024; revisado em 31/10/2024; aceito em 31/10/2024.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20240112>

Introdução

A caracterização tecidual miocárdica realizada por métodos de imagem não invasivos desempenha papel importante na avaliação das cardiopatias, com utilidade diagnóstica e prognóstica incremental em relação à avaliação morfológica e funcional.¹ Entre as diferentes técnicas disponíveis, a quantificação do volume extracelular (VEC) miocárdico tem demonstrado recentemente utilidade no diagnóstico diferencial e estadiamento, especialmente em cardiomiopatias de fenótipo hipertrófico, como a cardiomiopatia hipertrófica e a amiloidose.²⁻⁴

Habitualmente obtido em exames de ressonância magnética cardíaca (RMC) com utilização de contraste à base de gadolínio, o VEC miocárdico também pode ser calculado por meio de imagens de tomografia computadorizada cardíaca (TCC), utilizando contraste iodado, e pode ser uma alternativa ao primeiro, em caso de indisponibilidade do método ou contraindicação ao mesmo.⁵

A seguir descreve-se tecnicamente como esse dado pode ser obtido em exames de TCC.

Como Eu Faço

Aquisição das imagens

Para o cálculo do VEC miocárdico, é necessário obter imagens do coração antes e após a administração de contraste à base de iodo, com parâmetros de aquisição e reconstrução idênticos, utilizando tomógrafos adequados para avaliação cardíaca (mínimo de 64 fileiras de detectores).⁶

Considerando que cortes com espessura de 3 mm ou mais são adequados para análise miocárdica, recomendamos que as aquisições antes e após o contraste sigam os parâmetros do protocolo de escore de cálcio institucional. Este protocolo utiliza, rotineiramente, baixa dose de radiação (< 1,5 mSv),⁷ é amplamente disponível e de fácil planejamento. Assim, a imagem pré-contraste utilizada no cálculo do VEC miocárdico pode fornecer informações adicionais, conforme necessário, como o escore de cálcio coronariano e/ou valvar aórtico.

De modo geral, o protocolo consiste em uma aquisição prospectiva sincronizada ao eletrocardiograma, com imagens de todo o coração em diástole para pacientes com frequência cardíaca igual ou inferior a 75 bpm, ou em sístole quando acima de 75 bpm, com potência de tubo de 120 kVp e corrente do tubo ajustada conforme o peso do paciente, sendo as imagens reconstruídas com cortes de 3 mm de espessura.⁷

O contraste iodado, em geral na concentração de 350 mg I/ml, deve ser administrado em dose média de 1 mL/kg de peso corporal, podendo variar conforme a condição clínica do paciente e a indicação primária do exame. A velocidade de infusão do contraste não impacta no cálculo do VEC miocárdico, e pode ser ajustada de acordo com a motivação do estudo (ex.: aproximadamente 6 mL/s para uma angiotomografia coronariana). As imagens pós-contraste devem ser obtidas na fase de equilíbrio (5 a 15 minutos após a administração do meio de contraste),⁸ utilizando os mesmos parâmetros de aquisição e reconstrução das imagens pré-contraste.

O uso de pré-medicação, como nitrato sublingual ou betabloqueadores, não é necessário para o cálculo do VEC miocárdico, porém podem e devem ser utilizados a critério médico caso uma angiotomografia cardíaca também seja realizada no mesmo exame.

Cálculo do VEC

Considerando que o contraste iodado se distribui no espaço extracelular, a diferença de sinal miocárdico entre as

imagens com contraste na fase de equilíbrio e as sem contraste (Δ HU miocárdio) indica a quantidade de espaço extracelular presente nesse tecido.⁸ Utilizando-se um tecido de referência, como o sangue, onde o VEC pode ser facilmente obtido pela medida do hematócrito, calcula-se o VEC miocárdico pela seguinte fórmula:

$$\text{VEC} = (1 - \text{Hematócrito}) \times (\Delta\text{HU miocárdio} / \Delta\text{HU sangue})$$

O VEC miocárdico pode ser medido global ou regionalmente, dependendo do cenário clínico. As regiões de interesse (RDI) utilizadas para a medida devem ser idênticas ou o mais semelhantes possível entre as imagens pré- e pós-contraste, e podem ser traçadas utilizando ferramentas de análise de imagens DICOM, proprietárias ou de código aberto, em planos axial, sagital, coronal, ou outro plano oblíquo de interesse. Para garantir reprodutibilidade e evitar distorções causadas pela aquisição e reconstrução não isotrópica, o VEC miocárdico é geralmente medido no plano axial, ao nível médio-ventricular esquerdo, traçando uma RDI à mão livre no septo interventricular, englobando toda sua espessura e comprimento visualizado e evitando áreas de volume parcial nos extremos (Figura 1). Para medir o sinal do sangue, utilizou-se uma RDI circular com aproximadamente 1 cm² de área, posicionada no centro da cavidade ventricular esquerda, no mesmo plano, evitando incluir trabéculas e músculos papilares.

O valor do hematócrito utilizado na fórmula deve ser obtido o mais próximo possível da data do exame de imagem.⁹

Discussão

O VEC miocárdico é uma medida quantitativa da matriz extracelular miocárdica, e pode estar aumentado na presença de fibrose intersticial¹⁰ em doenças de depósito, como a amiloidose, onde proteínas fibrilares insolúveis acumulam-se no músculo cardíaco.³

Como medida quantitativa, possui utilidade diagnóstica e prognóstica, além de potencial aplicação no seguimento longitudinal.¹¹

Embora mais comumente avaliado por RMC, o VEC miocárdico pode ser calculado por TCC com contraste, uma vez que o padrão de distribuição e a cinética dos meios de contraste em ambos os exames são equivalentes.⁵

Em uma meta-análise feita por Han e colaboradores, comparando o VEC miocárdico por TCC e RMC, observou-se coeficiente de correlação agrupado elevado (0,90), e uma pequena diferença agrupada (0,96%) entre as medidas, com leve hiperestimativa nos valores obtidos por TCC.¹²

Ainda não há recomendação clara em diretrizes para o uso da TCC na avaliação do VEC miocárdico, embora sua futura utilidade já tenha sido apontada.¹³ Entretanto, já é possível considerar esse exame como uma opção em casos nos quais essa medida seja de alta relevância clínica e não possa ser obtida por meio da RMC. Isso geralmente ocorre devido a: baixa disponibilidade do equipamento, da sequência de mapeamento T1 ou do software de análise; contraindicações

Artigo de Revisão

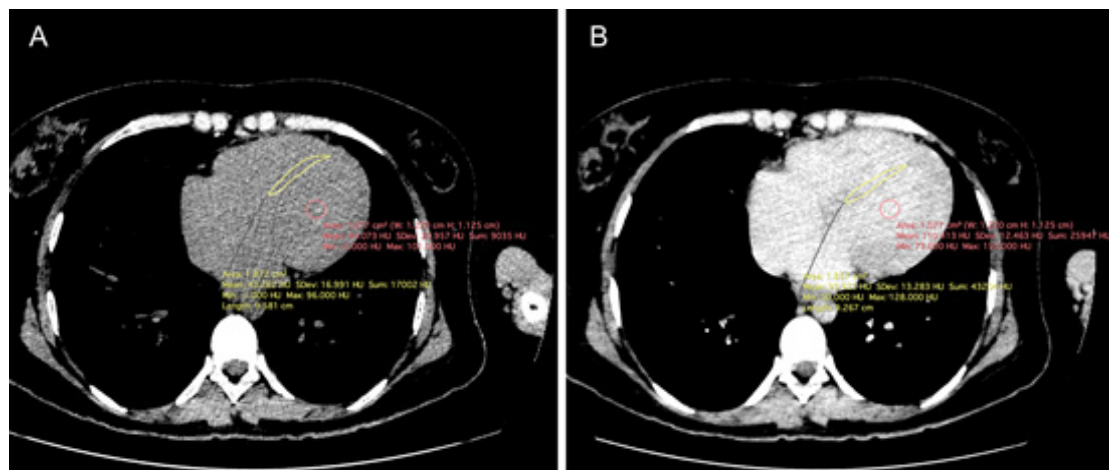


Figura 1 – Cálculo do VEC miocárdico através da TCC. O sinal miocárdico e sanguíneo é quantificado por meio de RDIs traçadas nas imagens pré- (A) e pós-contraste (B), em uma paciente com hipertrofia ventricular esquerda encaminhada para angiotomografia de coronárias, devido a queixa de cansaço aos esforços. O VEC miocárdico estava elevado e foi calculado em 47% (hematócrito de 39,8%). Em investigação subsequente, foi diagnosticada amiloidose cardíaca por transtirretina. RDI: região de interesse.

para a realização do exame (ex.: presença de dispositivos implantáveis incompatíveis com ressonância magnética); ou contraindicação ao uso do meio de contraste à base de gadolínio (ex.: insuficiência renal dialítica). O Quadro 1 lista as principais vantagens e desvantagens do uso da TCC em comparação à RMC para a avaliação do VEC miocárdico.

Além desses cenários, pode ser útil considerar a obtenção do VEC miocárdico em exames de TCC com contraste realizados com outras finalidades, como para avaliação coronariana ou da válvula aórtica pré-intervenção transcater, através de uma pequena modificação no protocolo (acréscimo de uma aquisição tardia pós-contraste). Nos pacientes encaminhados para esses exames, não é incomum a coexistência de um quadro de insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada e/ou hipertrofia ventricular esquerda — situações clínicas em que o conhecimento do VEC miocárdico pode contribuir para um diagnóstico etiológico ainda desconhecido e fornecer dados prognósticos adicionais.^{14,15}

Conclusão

O VEC miocárdico é uma medida de crescente utilidade clínica e pode ser obtido por meio da TCC com contraste, utilizando um protocolo de baixa dose de radiação e rápida execução, dispensando o uso de sequências e softwares proprietários necessários para o cálculo pela RMC, sem perda de acurácia em comparação com esta última.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Camargo GC; redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Camargo GC, Sabioni LR.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens do cálculo do VEC miocárdico por TCC versus RMC

Vantagens:

Maior disponibilidade de equipamento

Custo geralmente menor

Exame mais rápido e rotineiramente tolerado por pacientes claustrofóbicos

Sem restrições para pacientes portadores de dispositivos cardíacos implantáveis ou fragmentos metálicos no corpo

Imagens de alta resolução com cobertura miocárdica total

Não necessita de softwares dedicados para o cálculo

Desvantagens:

Exposição à radiação ionizante

Uso de contraste potencialmente nefrotóxico

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 artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Referências

1. Arbelo E, Protonotarios A, Gimeno JR, Arbustini E, Barriales-Villa R, Basso C, et al. 2023 ESC Guidelines for the Management of Cardiomyopathies. *Eur Heart J*. 2023;44(37):3503-626. doi: 10.1093/eurheartj/ehad194.
2. Li Y, Liu X, Yang F, Wang J, Xu Y, Fang T, et al. Prognostic Value of Myocardial Extracellular Volume Fraction Evaluation Based on Cardiac Magnetic Resonance T1 Mapping with T1 Long and Short in Hypertrophic Cardiomyopathy. *Eur Radiol*. 2021;31(7):4557-67. doi: 10.1007/s00330-020-07650-7.
3. Gama F, Rosmini S, Bandula S, Patel KP, Massa P, Tobon-Gomez C, et al. Extracellular Volume Fraction by Computed Tomography Predicts Long-term Prognosis Among Patients with Cardiac Amyloidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(12):2082-94. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.08.006.
4. Hammer Y, Talmor-Barkan Y, Abelow A, Orvin K, Aviv Y, Bar N, et al. Myocardial Extracellular Volume Quantification by Computed Tomography Predicts Outcomes in Patients with Severe Aortic Stenosis. *PLoS One*. 2021;16(3):e0248306. doi: 10.1371/journal.pone.0248306.
5. Scully PR, Bastarrika G, Moon JC, Treibel TA. Myocardial Extracellular Volume Quantification by Cardiovascular Magnetic Resonance and Computed Tomography. *Curr Cardiol Rep*. 2018;20(3):15. doi: 10.1007/s11886-018-0961-3.
6. Abbata S, Blanke P, Maroules CD, Cheezum M, Choi AD, Han BK, et al. SCCT Guidelines for the Performance and Acquisition of Coronary Computed Tomographic Angiography: A Report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee: Endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2016;10(6):435-49. doi: 10.1016/j.jcct.2016.10.002.
7. Voros S, Rivera JJ, Berman DS, Blankstein R, Budoff MJ, Cury RC, et al. Guideline for Minimizing Radiation Exposure During Acquisition of Coronary Artery Calcium Scans with the use of Multidetector Computed Tomography: A Report by the Society for Atherosclerosis Imaging and Prevention Tomographic Imaging and Prevention Councils in Collaboration with the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2011;5(2):75-83. doi: 10.1016/j.jcct.2011.01.003.
8. Treibel TA, Bandula S, Fontana M, White SK, Gilbertson JA, Herrey AS, et al. Extracellular Volume Quantification by Dynamic Equilibrium Cardiac Computed Tomography in Cardiac Amyloidosis. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2015;9(6):585-92. doi: 10.1016/j.jcct.2015.07.001.
9. Su MY, Huang YS, Niisato E, Chow K, Juang JJ, Wu CK, et al. Is a Timely Assessment of the Hematocrit Necessary for Cardiovascular Magnetic Resonance-derived Extracellular Volume Measurements? *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020;22(1):77. doi: 10.1186/s12968-020-00689-x.
10. Wang S, Hu H, Lu M, Sirajuddin A, Li J, An J, et al. Myocardial Extracellular Volume Fraction Quantified by Cardiovascular Magnetic Resonance is Increased in Hypertension and Associated with Left Ventricular Remodeling. *Eur Radiol*. 2017;27(11):4620-30. doi: 10.1007/s00330-017-4841-9.
11. Rettl R, Mann C, Duca F, Dachs TM, Binder C, Ligios LC, et al. Tafamidis Treatment Delays Structural and Functional Changes of the Left Ventricle in Patients with Transthyretin Amyloid Cardiomyopathy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;23(6):767-80. doi: 10.1093/ehjci/jeab226.
12. Han D, Lin A, Kuronuma K, Gransar H, Dey D, Friedman JD, et al. Cardiac Computed Tomography for Quantification of Myocardial Extracellular Volume Fraction: A Systematic Review and Meta-analysis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16(10):1306-17. doi: 10.1016/j.jcmg.2023.03.021.
13. Magalhães TA, Carneiro ACC, Moreira VM, Trad HS, Lopes MMU, Cerci RJ, et al. Cardiovascular Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging Guideline of the Brazilian Society of Cardiology and the Brazilian College of Radiology - 2024. *Arq Bras Cardiol*. 2024;121(9):e20240608. doi: 10.36660/abc.20240608.
14. Scully PR, Patel KP, Saberwal B, Klotz E, Augusto JB, Thornton GD, et al. Identifying Cardiac Amyloid in Aortic Stenosis: ECV Quantification by CT in TAVR Patients. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(10):2177-89. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.05.029.
15. Koike H, Fukui M, Treibel T, Stanberry LI, Cheng VY, Enriquez-Sarano M, et al. Comprehensive Myocardial Assessment by Computed Tomography: Impact on Short-term Outcomes after Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2024;17(4):396-407. doi: 10.1016/j.jcmg.2023.08.008.



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