

Associação entre Padrões Metabólicos Cardíacos em PET/CT Oncológico e Fatores de Risco Cardiovascular. Contribuição na Investigação Precoce de Cardiotoxicidade

Association between Cardiac Metabolic Patterns in Oncological PET/CT and Cardiovascular Risk Factors. Contribution to the Early Investigation of Cardiotoxicity

Paola Emanuela Poggio Smanio¹

Fleury Group,¹ São Paulo, SP – Brasil

Minieditorial referente ao artigo: Captação Miocárdica de Fluordesoxiglicose-18F na Tomografia por Emissão de Pósitrons/Tomografia Computadorizada: Uma Janela para Fenótipos Cardiovasculares e Assinaturas Metabólicas em Pacientes com Câncer

Introdução

O avanço das terapias oncológicas nas últimas décadas transformou radicalmente o prognóstico de diversos tipos de câncer, com isto a sobrevivência dos pacientes melhorou sobremaneira. Entretanto, esse progresso trouxe um aumento significativo de complicações cardiovasculares (CV).¹

Nesse cenário, a cardio-oncologia se consolidou como um campo essencial, exigindo estratégias diagnósticas com acurácia cada vez maior na identificação precoce de comprometimentos cardiológicos, ainda na fase subclínica, além da implementação de planos de monitorização e controle adequados.¹

Os agentes antineoplásicos e a radioterapia transtorácica (especialmente com doses elevadas) são responsáveis por diversos efeitos tóxicos CV que incluem disfunção ventricular esquerda (DVE), cardiomiopatias, miocardite, hipertensão arterial, doença tromboembólica, pericardite, disfunção valvar, arritmias, isquemia miocárdica, alterações vasculares, e até acometimento do ventrículo direito, que podem ser reversíveis ou permanentes.²

Tradicionalmente, a investigação da cardiotoxicidade (CTX) é baseada na procura de DVE pelo ecocardiograma (Eco).¹ No entanto, este achado é observado em momento relativamente tardio no *continuum* da lesão miocárdica, sendo diagnosticado quando os danos já são irreversíveis.^{2,3}

E, apesar do uso crescente de biomarcadores e do *strain* longitudinal global no Eco, ainda existe uma lacuna importante na identificação de alterações biológicas iniciais que precedam a disfunção mecânica.²

Palavras-chave

Oncologia; Cardiotoxicidade; Fatores de Risco; Tomografia por Emissão de Pósitrons combinada à Tomografia Computadorizada

Correspondência: Paola Emanuela Poggio Smanio •

Fleury Ponte Estaiada - Avenida Jornalista Roberto Marinho, 85, 1o andar.

CEP 04576-010, São Paulo, SP - Brasil

E-mail: pgmsmanio@gmail.com

Artigo recebido em 09/02/2026, revisado em 11/02/2026, aceito em 11/02/2026

DOI: <https://doi.org/10.36660/abc.20260107>

Com maior compreensão de potenciais CTXs associadas às novas e já estabelecidas terapias oncológicas houve avanços notáveis na disponibilidade e recursos técnicos dos exames de imagem permitindo que pacientes oncológicos possam realizar o tratamento com segurança, sem apresentar eventos ou permanecerem com sequelas cardiológicas. No entanto, a uniformidade do uso e aplicação neste contexto ainda está longe de ser ideal.

As técnicas disponíveis de medicina nuclear têm sido, há muito importantes para avaliar e monitorar pacientes em tratamento oncológico.⁴ Desde a ventriculografia radioisotópica, com alta reprodutibilidade, a cintilografia miocárdica que investiga isquemia e também a função ventricular esquerda e a cintilografia cardíaca com MIBG- ¹²³I, todos muito úteis na identificação e monitoramento de CTX.^{2,4,5}

A tomografia por emissão de pósitrons com 18F-Fluor-desoxi-glicose (FDG) integrada com a tomografia computadorizada (FDG PET/CT) é amplamente utilizada para diagnóstico inicial e acompanhamento de pacientes com câncer.^{1,5}

A captação de FDG reflete a utilização de glicose pelo miocárdio que apresenta notável flexibilidade metabólica, alternando entre a oxidação de ácidos graxos e o uso da glicose como principal substrato energético, de acordo com alguns fatores como a dieta que antecede o exame e algumas condições fisiopatológicas.¹

Em condições basais, quando em jejum prolongado, o coração saudável utiliza predominantemente ácidos graxos, resultando em baixa captação miocárdica de FDG. Entretanto, a presença de estresse celular, inflamação, disfunção mitocondrial, hipóxia ou apoptose induz mudança metabólica em direção à glicólise, com aumento da captação de FDG, fato que ocorre precocemente na cascata da CTX, antes das alterações estruturais ou funcionais detectáveis pelos métodos convencionais.^{6,7}

Os agentes antineoplásicos podem desencadear lesões miocárdicas por mecanismos distintos, porém convergentes nas alterações metabólicas e inflamatórias iniciais²

Conforme recomendação do posicionamento europeu de MN em cardio-oncologia, pacientes com maior risco de complicações CV necessitam de monitoramento precoce e contínuo padronizado para eventos agudos e para

eventuais efeitos tardios.² Destaca como fatores de risco (FR) para CTX: predisposição genéticas, doenças CV pré-existent, tratamento oncológico prévio, idade, presença de FR para doença CV, o tipo da neoplasia e do tratamento oncológico realizado.²

Estudos previamente realizados tentaram avaliar o uso do FDG PET/CT na detecção precoce de CTX, demonstrando, inclusive, verificando a associação entre os padrões de captação cardíaca de FDG e os parâmetros metabólicos na identificação de CTX.⁶⁻⁸

Entretanto, estudo prospectivo multicêntrico mais recente avaliando ¹⁸FDG PET/CT, *strain* miocárdico e biomarcadores durante a quimioterapia em portadores de linfoma, observou que o aumento da captação de FDG foi achado frequentemente observado, mas sem correlação com presença de disfunção ventricular esquerda (DVE). Desta forma, a relevância clínica da regulação metabólica miocárdica ainda requer investigação adicional.⁹

Também permanece ainda incerta a associação entre os padrões de captação miocárdica de FDG e os FR CV tradicionais em pacientes oncológicos.

Ribeiro Sobrinho et al.¹⁰ analisaram, de forma pioneira, em grande coorte, a associação entre padrões de captação

miocárdica de FDG em exames oncológicos de PET/CT e FR CV, demonstrando que sexo masculino e maior peso corporal são preditores independentes de captação miocárdica, enquanto diabetes mellitus e doença arterial coronariana se associam à sua ausência. Esses achados podem reposicionar a captação de FDG como um marcador metabólico CV relevante, e não apenas como um achado incidental.

Mas, ainda se faz fundamental interpretar o aumento da captação de FDG de forma contextualizada, integrando características clínicas, metabólicas e CV dos pacientes. A simples dicotomia entre presença ou ausência de captação pode ser entendida como a porta de entrada para uma classificação mais ampla: desde um fenótipo metabolicamente neutro, passando por um remodelamento adaptativo potencialmente reversível, até estágios inflamatórios e metabolicamente descompensados, associados a maior risco de DVE futura (Figura 1).

Em um cenário de cardio-oncologia integrada, FDG PETCT realizado rotineiramente para pacientes oncológicos pode fornecer informações adicionais valiosas sobre o estado metabólico do coração, sem aumento de custo ou exposição adicional à radiação.⁵



Figura 1 – Fatores de risco para o desenvolvimento de cardiotoxicidade e fenótipos metabólicos no FDG PET/CT. CV: cardiovascular.

Algumas limitações devem ser consideradas, sugerindo a necessidade de estudos prospectivos futuros. O desenho retrospectivo e transversal impede inferências prognósticas, e a avaliação visual da captação, embora pragmática e alinhada à prática clínica, está sujeita à variabilidade interobservador e à influência do preparo metabólico. Ainda assim, o grande tamanho amostral, a análise multivariada e a coerência fisiopatológica dos achados conferem robustez às conclusões.

O principal legado deste estudo é reforçar a necessidade de abandonar uma interpretação simplista da captação

miocárdica de FDG. A imagem metabólica deve ser entendida como parte de um *continuum* biológico, integrando as características clínicas, os FR dos pacientes, a terapia utilizada e a vulnerabilidade miocárdica (Figura 2).

Em síntese, o artigo publicado nesta edição dos Arquivos Brasileiros de Cardiologia amplia o horizonte da cardio-oncologia ao demonstrar que a captação miocárdica de FDG no PET/CT reflete fenótipos CV distintos, modulados por FR tradicionais. Trata-se de um passo relevante em direção a uma abordagem metabólica da CTX associada ao tratamento oncológico.

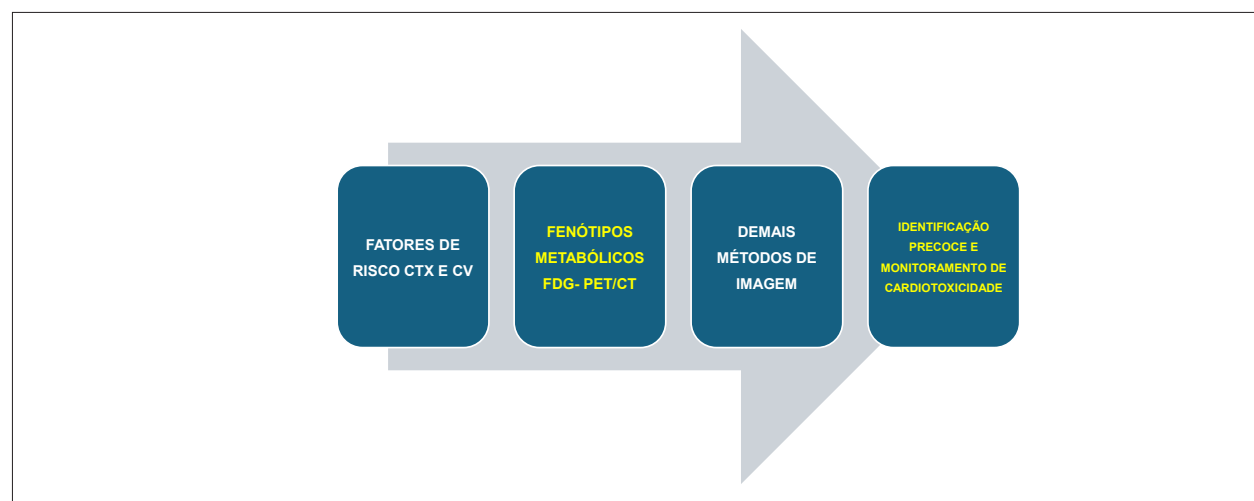


Figura 2 – Estratégia sugerida para identificação precoce, prevenção e monitoramento de cardiotoxicidade.

Referências

1. Addison D, Neilan TG, Barac A, Scherrer-Crosbie M, Okwuosa TM, Plana JC, et al. Cardiovascular Imaging in Contemporary Cardio-Oncology: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2023;148(16):1271-86. doi: 10.1161/CIR.0000000000001174.
2. Totzeck M, Aide N, Bauersachs J, Bucerius J, Georgoulas P, Hermann K, et al. Nuclear Medicine in the Assessment and Prevention of Cancer Therapy-Related Cardiotoxicity: Prospects and Proposal of Use by the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2023;50(3):792-812. doi: 10.1007/s00259-022-05991-7.
3. Rao VU, Reeves DJ, Chugh AR, O'Quinn R, Fradley MC, Raghavendra M, et al. Clinical Approach to Cardiovascular Toxicity of Oral Antineoplastic Agents: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2021;77(21):2693-716. doi: 10.1016/j.jacc.2021.04.009.
4. Mesquita CT, Rezende MF. Precision Medicine: Can 18F-FDG PET Detect Cardiotoxicity Phenotypes? *Arq Bras Cardiol*. 2022;119(1):109-10. doi: 10.36660/abc.20220393.
5. Mikail N, Chequer R, Imperiale A, Meisel A, Bengs S, Portmann A, et al. Tales from the Future-Nuclear Cardio-Oncology, from Prediction to diagnosis and Monitoring. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2023;24(9):1129-45. doi: 10.1093/ehjci/ead168.
6. Dourado MLC, Dompieri LT, Leitão GM, Mourato FA, Santos RGG, Almeida PJ Filho, et al. Chemotherapy-Induced Cardiac 18F-FDG Uptake in Patients with Lymphoma: An Early Metabolic Index of Cardiotoxicity? *Arq Bras Cardiol*. 2022;118(6):1049-58. doi: 10.36660/abc.20210463.
7. Berenguer DRF, Becker MMC, Buril RO, Bertão PA, Markman B Filho, Brandão SCS. Progression of Myocardial 18F-FDG Uptake in a Patient with Cardiotoxicity. *Arq Bras Cardiol*. 2024;121(2):e20230276. doi: 10.36660/abc.20230276.
8. Becker MMC, Arruda GFA, Berenguer DRF, Buril RO, Cardinale D, Brandão SCS. Anthracycline Cardiotoxicity: Current Methods of Diagnosis and Possible Role of 18F-FDG PET/CT as a New Biomarker. *Cardiooncology*. 2023;9(1):17. doi: 10.1186/s40959-023-00161-6.
9. Becker MMC, Buril RO, Wanderley MRB Jr, Berenguer DRF, Mourato FA, Costa IBSS, et al. Prospective Multicenter Evaluation of 18F-FDG PET/CT and Strain for Early Cardiotoxicity Detection in Lymphoma Patients. *Cardiooncology*. 2025;12(1):1. doi: 10.1186/s40959-025-00416-4.
10. Ribeiro JMD Sobrinho, Leão EDLM, Accioly BB, Mourato FA, Becker MMC, Brandão SCS. Captação Miocárdica de Fluordesoxiglicose-18F na Tomografia por Emissão de Pósitrons/Tomografia Computadorizada: Uma Janela para Fenótipos Cardiovasculares e Assinaturas Metabólicas em Pacientes com Câncer. *Arq Bras Cardiol*. 2026;123(1):e20250028. doi: 10.36660/abc.20250028.



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