

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

Myocardial Uptake of 18F-Fluorodeoxyglucose on Positron Emission Tomography/Computed Tomography: A Window into Cardiovascular Phenotypes and Metabolic Signatures in Patients with Cancer

João Marcelo Duarte Ribeiro Sobrinho,¹ Emanuel Davi Lima de Matos Leão,¹ Beatriz Barbosa Accioly,¹ Felipe Alves Mourato,¹ Monica de Moraes Chaves Becker,¹ Simone Cristina Soares Brandão¹

Universidade Federal de Pernambuco,¹ Recife, PE – Brasil

Resumo

Fundamento: A tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada (PET/CT) com fluordesoxiglicose-18F (FDG) é amplamente utilizada no manejo do câncer, mas seu papel na avaliação de cardiotoxicidade permanece incerto. Compreender como os fatores de risco cardiovascular influenciam a captação miocárdica de glicose pode aprimorar seu uso nessa área.

Objetivo: Investigar a associação entre padrões metabólicos cardíacos em PET/CT oncológico e fatores de risco cardiovascular.

Métodos: Estudo retrospectivo, transversal, que classificou exames oncológicos de PET/CT pela ausência (G1) ou presença (G2) de captação miocárdica de FDG, definida visualmente como superior ao pool sanguíneo da aorta. Foram analisados dados clínicos e fatores de risco cardiovascular e, por regressão logística, identificados preditores de presença ou ausência de captação, com ajuste para potenciais confundidores. Adotou-se $p < 0,05$ como nível de significância.

Resultados: Incluíram-se 983 exames (64% mulheres; idade média de $56 \pm 15,8$ anos; 39,9% hipertensos; 19,7% diabéticos), sendo 559 (56,8%) no G1 e 424 (43,2%) no G2. Os cânceres mais prevalentes foram linfoma (28,9%) e mama (17,6%). Sexo masculino ($p = 0,0008$) e maior peso ($p = 0,0001$) foram preditores independentes de captação miocárdica de FDG, enquanto diabetes ($p = 0,01$) e doença arterial coronariana ($p = 0,007$) previram ausência de captação.

Conclusões: Apesar das limitações, este estudo identificou, de forma pioneira, padrões distintos de captação miocárdica de FDG em exames oncológicos de PET/CT, independentemente associados a fatores de risco cardiovascular. Esses achados reforçam o potencial do PET/CT com FDG na avaliação de cardiotoxicidade após tratamento oncológico.

Palavras-chave: Tomografia por Emissão de Pósitrons combinada à Tomografia Computadorizada; Fatores de Risco de Doenças Cardíacas; Oncologia.

Abstract

Background: Positron emission tomography/computed tomography (PET/CT) with 18F-fluorodeoxyglucose (FDG) is widely used in cancer care, but its role in assessing cardiotoxicity remains uncertain. Understanding how cardiovascular risk factors influence myocardial glucose uptake may improve its application in this setting.

Objective: To investigate associations between cardiac metabolic patterns on oncologic PET/CT and cardiovascular risk factors.

Methods: We conducted a retrospective, cross-sectional study classifying oncologic PET/CT scans by absence (G1) or presence (G2) of myocardial FDG uptake, visually defined as greater than the aortic blood pool. Clinical data and cardiovascular risk factors were analyzed, and logistic regression identified predictors of presence or absence of uptake, adjusting for potential confounders. Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Correspondência: Simone Cristina Soares Brandão •

Av. Beira Rio, 360, apt 201. CEP 50750-400, Ilha do Retiro, Recife, PE – Brasil

E-mail: sbrandaonuclearfpe@gmail.com

Artigo recebido em 15/01/2025, revisado em 23/05/2025, aceito em 20/08/2025

Editor responsável pela revisão: Nuno Bettencourt

DOI: <https://doi.org/10.36660/abc.20250028>

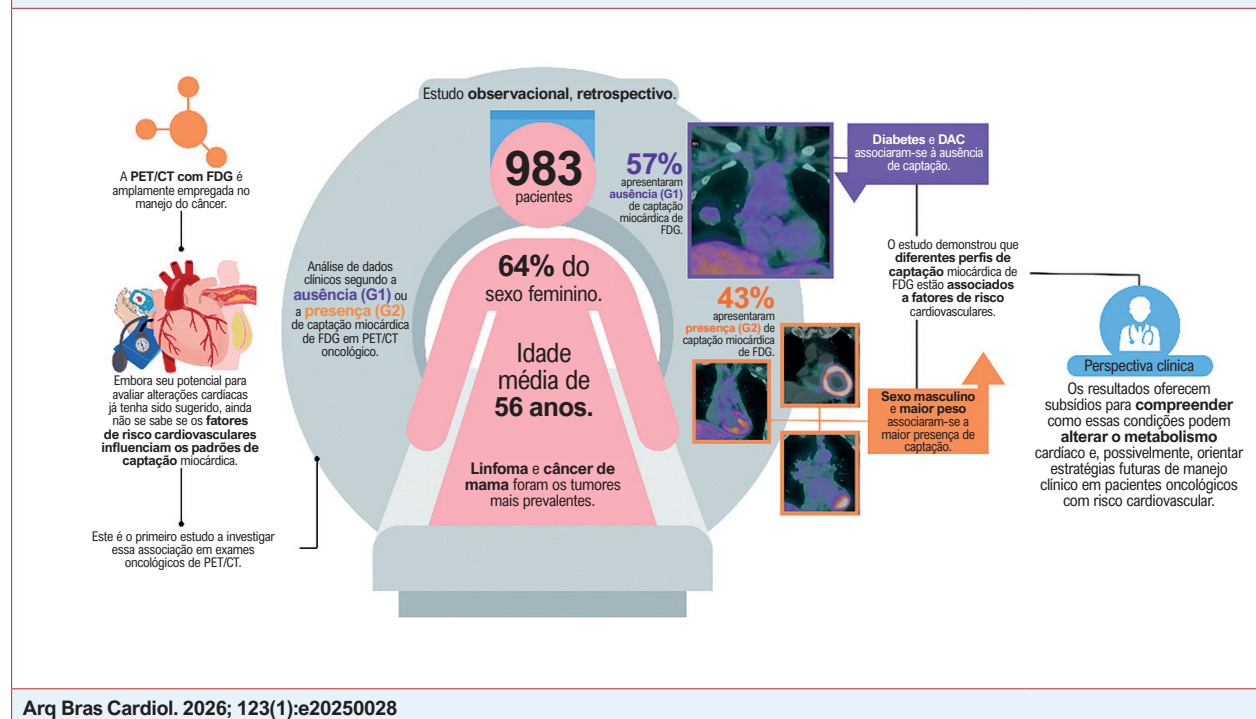
Results: We included 983 scans (64% women; mean age 56 ± 15.8 years; 39.9% with hypertension; 19.7% with diabetes), of which 559 (56.8%) were G1 and 424 (43.2%) were G2. The most prevalent cancers were lymphoma (28.9%) and breast (17.6%). Male sex ($p = 0.0008$) and higher weight ($p = 0.0001$) were independent predictors of myocardial FDG uptake, whereas diabetes ($p = 0.01$) and coronary artery disease ($p = 0.007$) predicted absence of uptake.

Conclusions: Despite limitations, this study identified distinct patterns of myocardial FDG uptake on oncologic PET/CT independently associated with cardiovascular risk factors. These findings support the potential of FDG PET/CT for evaluating cardiotoxicity after cancer treatment.

Keywords: Positron emission tomography/computed tomography; 18F-fluorodeoxyglucose; Cardiovascular risk factors; Oncology.

Full texts in English - <https://abccardiol.org/en/>

Figura Central: 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

DAC: doença arterial coronariana; FDG: fluordesoxiglicose-18F; PET/CT: tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada.

Introdução

A cardiotoxicidade induzida por quimioterapia é um desafio crescente na oncologia moderna, impulsionado pelo aumento da sobrevida de pacientes oncológicos.¹⁻³ Nesse contexto, a tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada (PET/CT) com fluordesoxiglicose-18F (FDG) desponta não apenas como ferramenta diagnóstica oncológica,⁴⁻⁷ mas também como potencial biomarcador de alterações metabólicas cardíacas.^{3,8,9}

O metabolismo cardíaco, tradicionalmente sustentado pela oxidação de ácidos graxos,^{10,11} apresenta regulação complexa e influenciada por múltiplos fatores, como sexo, peso corporal e comorbidades — entre elas, diabetes melito e doença arterial coronariana (DAC).^{4,12} A captação miocárdica de FDG, que reflete a utilização de glicose pelo miocárdio,⁵ pode oferecer insights valiosos sobre como esses determinantes modulam

o metabolismo cardíaco e, potencialmente, influenciam a suscetibilidade à cardiotoxicidade.

Embora estudos prévios tenham explorado o uso do PET/CT com FDG na detecção precoce de cardiotoxicidade,¹³⁻¹⁵ permanece incerta a relação entre os padrões de captação miocárdica e os fatores de risco cardiovascular tradicionais. Essa lacuna é particularmente relevante, considerando que exames oncológicos de rotina — realizados sem preparo específico para avaliação cardíaca — podem revelar “assinaturas metabólicas” compatíveis com diferentes fenótipos cardiovasculares.

Neste estudo, investigamos a associação entre padrões de captação miocárdica de FDG e fatores de risco cardiovascular em uma ampla população oncológica, a fim de compreender em que medida essas variáveis podem influenciar o metabolismo cardíaco. Esse entendimento pode fortalecer o

potencial uso do PET/CT com FDG na avaliação de alterações cardíacas relacionadas ao câncer e ao tratamento oncológico.

Métodos

Desenho, local e população do estudo

Este estudo observacional, transversal, analítico e retrospectivo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco sob o número 68674623.9.0000.8807. Foi conduzido no serviço de Medicina Nuclear da mesma instituição, referência regional para exames de FDG PET/CT. Incluíram-se todos os pacientes submetidos a FDG PET/CT com indicação oncológica entre 1 de janeiro de 2023 e 31 de dezembro de 2023. Foram excluídos os casos com fichas clínicas incompletas e/ou impossibilidade de avaliação das imagens de PET/CT por problemas técnicos ou indisponibilidade nos arquivos digitais.

Pacientes e fontes de dados

Os dados clínicos e epidemiológicos foram obtidos das fichas de avaliação preenchidas antes de cada exame, dos laudos e da análise direta das imagens de PET/CT no software Xeleris 4.0 (GE Healthcare). Coletaram-se: sexo; idade (anos); peso (kg); altura (m); índice de massa corporal (IMC); presença de comorbidades cardiovasculares (hipertensão arterial, diabetes, dislipidemia, DAC); tabagismo; medicações de uso contínuo (cardiológicas e hipoglicemiantes); neoplasia de base; e tratamentos oncológicos recebidos (radioterapia e/ou quimioterapia).

A DAC foi considerada presente quando o paciente referiu DAC (história de infarto, angina, angioplastia coronária ou cirurgia de revascularização) ou acidente vascular encefálico prévio, ou quando fazia uso concomitante de ácido acetilsalicílico (AAS) e estatina. Consideraram-se medicações cardiológicas para prevenção primária ou secundária de eventos cardiovasculares: betabloqueadores, inibidores do sistema renina-angiotensina, AAS, inibidores do cotransportador sódio-glicose e estatinas.

Dos exames de PET/CT registraram-se: data de realização, tempo de jejum, dieta prévia, motivo do exame (estadiamento, reestadiamento, avaliação de resposta ao tratamento ou controle de doença), atividade injetada de FDG (MBq e mCi) e tempo de ativação (min). Na análise das imagens, todos os exames foram reavaliados quanto à presença ou ausência de captação miocárdica de FDG, conforme descrito adiante.

Protocolo de realização e análise do PET/CT

Os pacientes foram orientados a seguir, por 24 horas, dieta com baixa ingestão de carboidratos e alta oferta de gorduras e a manter jejum mínimo de 6 horas antes do exame, de acordo com o protocolo do serviço. No dia do exame, mediram-se peso corporal e glicemia de jejum (< 180 mg/dl) antes da administração do FDG por punção venosa. A atividade média administrada foi de $233,1 \pm 135,42$ MBq ($6,3 \pm 3,66$ mCi). Aproximadamente 60 minutos após a injeção, as imagens foram adquiridas em equipamento híbrido PET/CT (GE

Discovery 710, CT de 128 canais), da base do crânio ao terço médio proximal do fêmur, com duração de 1 a 3 minutos por bed. Os parâmetros de aquisição incluíram cortes de 5 mm e 120 kV, sem contraste intravenoso.

A captação miocárdica de FDG foi avaliada qualitativamente e classificada como presente ou ausente (Figura 1). Considerou-se “presente” quando a captação visual superava a do pool sanguíneo na aorta. Nos casos com captação presente, os pacientes foram subdivididos conforme o padrão observado: focal (G2a, captação limitada a uma parede), heterogêneo (G2b, captação em mais de uma parede) e difuso (G2c, captação homogênea em todas as paredes do ventrículo esquerdo).

Análise estatística

Variáveis categóricas foram descritas em frequências e percentuais; as contínuas, como média e desvio-padrão. Os pacientes foram agrupados em G1 (ausência de captação miocárdica de FDG) e G2 (presença de captação). Em seguida, comparou-se G1 com os subgrupos G2a (focal), G2b (heterogêneo) e G2c (difuso). Utilizou-se o teste do qui-quadrado para variáveis categóricas e, quando indicado, o teste exato de Fisher. A normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Variáveis contínuas (com distribuição normal) foram comparadas pelo teste *t* de Student para amostras independentes. Aplicou-se regressão logística para identificar fatores associados à captação miocárdica de FDG, ajustando para potenciais confundidores. As análises foram realizadas no MedCalc® Statistical Software versão 23.0.2 (MedCalc Software Ltd, Oostende, Bélgica), adotando-se $P < 0,05$ como estatisticamente significativo.

Resultados

Dos 991 exames oncológicos de FDG PET/CT realizados, oito foram excluídos: cinco por fichas clínicas incompletas e três por impossibilidade técnica de avaliar as imagens. Entre os 983 pacientes elegíveis, 883 (89,8%) tinham todos os dados clínicos para análise (Figura Central). As características da população estão na Tabela 1. As neoplasias mais prevalentes foram linfoma (28,91%) e câncer de mama (17,6%), com a distribuição global apresentada na Figura 2. Cerca de 75% dos pacientes haviam recebido algum tratamento oncológico antes do PET/CT, incluindo quimioterapia (73,94%) e radioterapia mediastinal (25,83%).

No preparo para o exame, 982 pacientes (99,9%) seguiram a dieta recomendada, com tempo médio de jejum de 6 horas. A principal indicação foi a avaliação de resposta ao tratamento, em 448 casos (45,71%). Na análise visual, 559 pacientes (56,8%) não apresentaram captação miocárdica de FDG (G1), enquanto 424 (43,2%) apresentaram captação: focal em 88 (8,95%), heterogênea em 249 (25,4%) e difusa em 87 (8,85%) (Figura 3).

A comparação entre G1 (ausência de captação) e G2 (presença de captação miocárdica de FDG) está na Tabela 1. Na análise univariada, G1 apresentou menor peso, menor altura e menor IMC, além de maior prevalência de sexo feminino, diabetes e DAC. Na regressão logística, maior peso e sexo masculino foram fatores independentes associados à

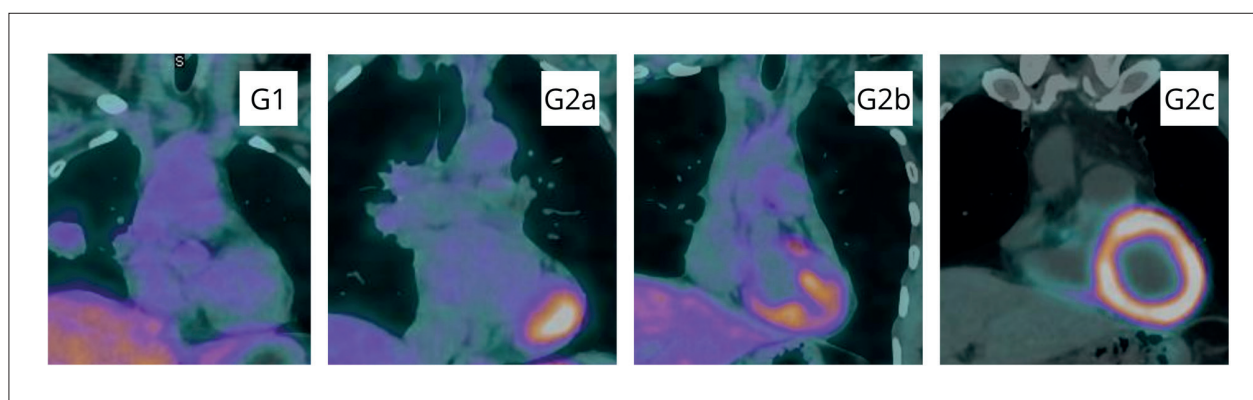


Figura 1 – Padrões de captação miocárdica de FDG analisados. Cortes coronais de tomografia por emissão de pósitrons combinada com imagens de tomografia computadorizada representando os padrões analisados de captação de FDG no miocárdio. Da esquerda para a direita: ausência de captação de FDG no miocárdio (G1); captação focal (G2a), captação heterogênea (G2b) e captação difusa (G2c). FDG: fluordesoxiglicose-18F.

Tabela 1 – Características da amostra e comparação entre ausência (G1) e presença (G2) de captação miocárdica de FDG

Variável	Total (n = 983)	G1 (n = 559)	G2 (n = 424)	Valor p
Sexo feminino	628 (64%)	389 (70%)	238 (56%)	<0,001
Idade (anos)*	56 ± 16	56 ± 16	56 ± 16	0,665
Peso (kg)*	69 ± 17	65 ± 16	70 ± 18	<0,001
Altura (m)*	1,61 ± 0,99	1,60 ± 0,09	1,62 ± 0,1	0,001
IMC (kg/m²)*	26 ± 6	25 ± 7	27 ± 8	0,004
HGT (mg/dl)*	104 ± 22	99 ± 24	100 ± 19	0,277
Motivo do exame				
Avaliação de resposta ao tratamento	448 (46%)	251 (45%)	197 (47%)	0,633
Controle	113 (12%)	66 (12%)	47 (11%)	
Estadiamento	196 (20%)	120 (22%)	76 (18%)	
Reestadiamento	223 (23%)	120 (22%)	103 (24%)	
Radioterapia mediastinal	251 (26%)	152 (28%)	99 (24%)	0,162
Quimioterapia	718 (74%)	409 (74%)	309 (74%)	0,923
Hipertensão	392 (40%)	214 (38%)	178 (42%)	0,260
Diabetes melito	193 (20%)	124 (22%)	69 (16%)	0,020
Dislipidemia	107 (11%)	69 (12%)	38 (9%)	0,088
Tabagismo	155 (16%)	87 (16%)	68 (16%)	0,856
DAC	30 (3%)	24 (4%)	6 (1%)	0,009
Uso de medicações cardiológicas	349 (36%)	199 (36%)	150 (35%)	0,915

DAC: doença arterial coronariana; IMC: índice de massa corporal; HGT: hemoglicoteste. * Valores de média ± desvio padrão.

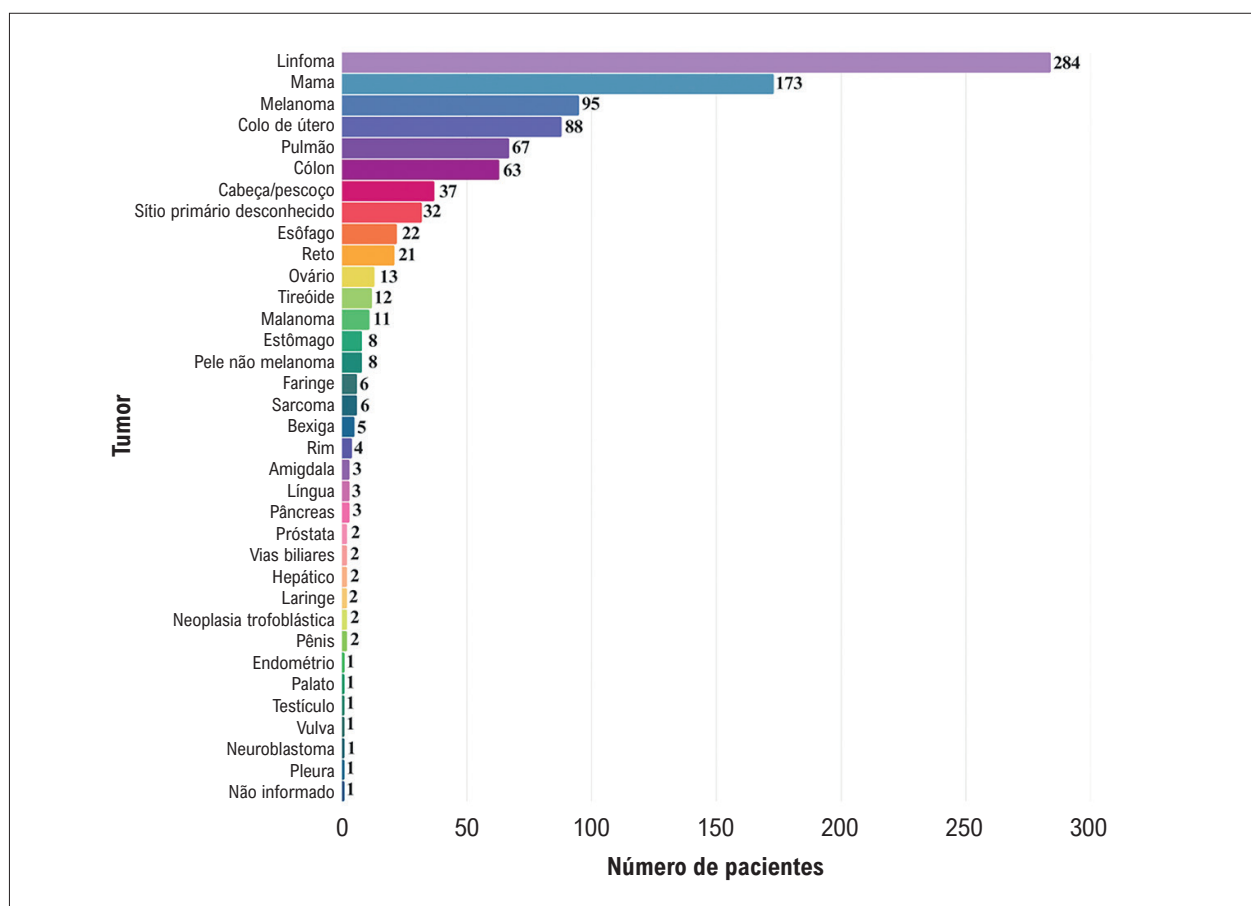


Figura 2 – Distribuição absoluta dos tipos de cânceres na população do estudo (n = 983).

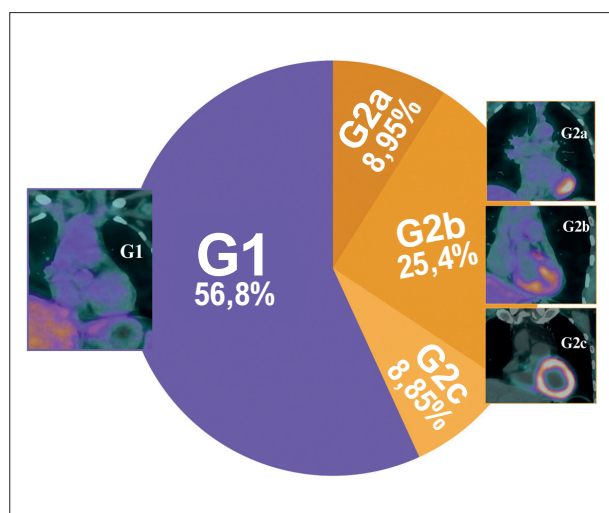


Figura 3 – Gráfico de pizza ilustrando a distribuição dos padrões de captação miocárdica de FDG na população do estudo. Ao lado do gráfico, imagens coronais do PET/CT exemplificam os padrões analisados: G1, ausência de captação; G2a, captação focal; G2b, captação heterogênea; G2c, captação difusa. FDG: fluordesoxiglicose-18F; PET/CT: tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada.

presença de captação miocárdica de FDG, enquanto diabetes e DAC associaram-se independentemente à ausência de captação (Figura 4).

Na avaliação dos subgrupos de captação (G2a, G2b e G2c) versus G1, a regressão logística mostrou: maior IMC como preditor independente de captação focal (G2a); sexo masculino como preditor de captação heterogênea (G2b) ou difusa (G2c); maior peso associado à captação heterogênea (G2b); e diabetes melito e radioterapia mediastinal associados à ausência de captação (G1) (Figura 5).

Discussão

Os exames oncológicos de PET/CT revelaram perfis variados de captação miocárdica de FDG, influenciados por fatores de risco cardiovascular e comorbidades. Características como sexo, peso corporal, diabetes e DAC parecem modular a utilização de glicose pelo miocárdio. Na atual era do metabolismo cardíaco, compreender como as células miocárdicas utilizam glicose é essencial para elucidar de que forma as doenças cardiovasculares impactam diretamente a função cardíaca, dada a relação intrínseca entre metabolismo energético e desempenho miocárdico.¹⁶ Esse entendimento pode ampliar as aplicações clínicas do PET/CT com FDG para além do contexto oncológico.

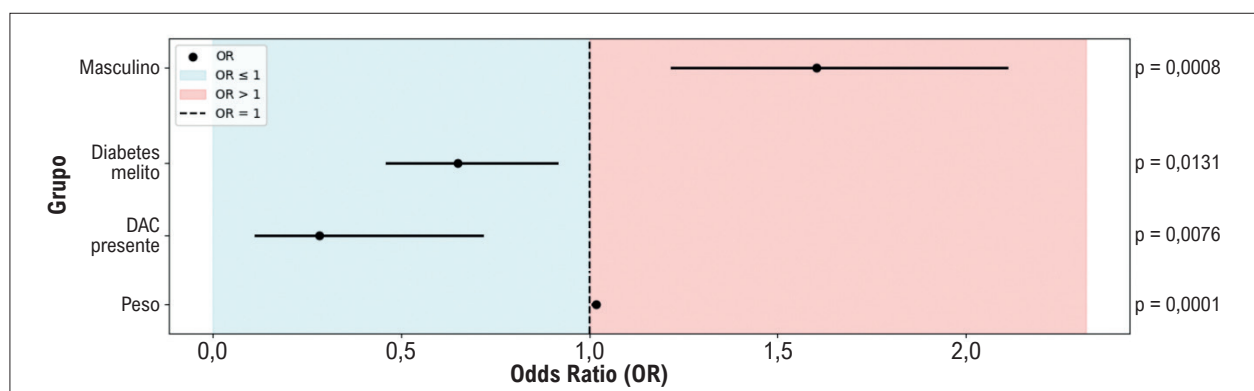


Figura 4 – Variáveis preditoras associadas à presença de captação miocárdica de FDG no PET/CT. As ORs e seus intervalos de confiança de 95% (linhas pretas contínuas) foram estimados por regressão logística. OR > 1 indica associação positiva com a captação miocárdica; OR < 1, associação negativa. O valor p reflete a significância estatística de cada variável. DAC: doença arterial coronariana; FDG: fluordesoxiglicose-18F; OR: odds ratio; PET/CT: tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada.

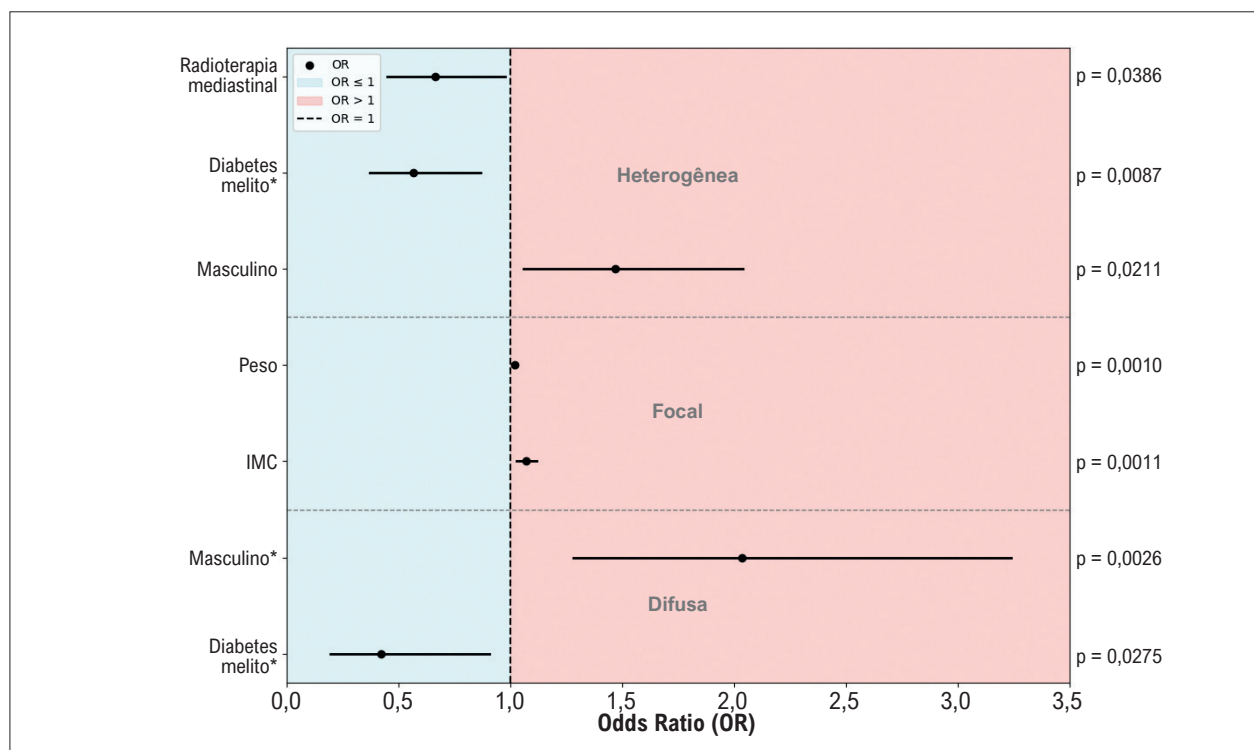


Figura 5 – Variáveis preditoras da captação miocárdica de FDG no PET/CT. As ORs e seus intervalos de confiança de 95% (linhas pretas contínuas) foram estimadas por regressão logística. OR > 1 indica associação positiva; OR < 1, associação negativa. O valor p expressa a significância estatística. *Variáveis analisadas especificamente para captação difusa. FDG: fluordesoxiglicose-18F; IMC: índice de massa corporal; OR: odds ratio; PET/CT: tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada.

O coração, órgão de alta demanda energética, depende predominantemente da fosforilação oxidativa para sustentar a contração. Sob estresse — como durante a quimioterapia — o metabolismo cardíaco pode adaptar-se, com maior utilização de glicose pela via glicolítica anaeróbica.¹⁷ A captação de FDG pelo miocárdio, contudo, é mediada pela hexoquinase, cuja atividade pode ser amplificada em resposta ao estresse oxidativo, sugerindo

que o FDG pode sinalizar não apenas a glicólise, mas também a atividade antioxidante.¹⁸ Outra explicação plausível é a infiltração de células inflamatórias ativadas, que exibem aumento da expressão de transportadores de glicose e, por isso, afinidade pelo FDG.¹⁹⁻²² Assim, a interpretação do padrão de captação miocárdica exige cautela: a elevação observada após quimioterapia pode refletir não só alterações no consumo de glicose, mas

Artigo Original

também processos como atividade antioxidante ou inflamação secundária ao tratamento.³

Estudos retrospectivos indicam que a elevação da captação miocárdica de FDG pode atuar como marcador precoce de cardiotoxicidade, associando-se à redução da fração de ejeção do ventrículo esquerdo.²³ Essa possibilidade é promissora, pois permitiria monitorar, em um único exame, o câncer e eventuais efeitos cardiotoxícos.²⁴ Entretanto, estudo prospectivo em pacientes com linfoma avaliados antes e após a quimioterapia (dados ainda não publicados) não encontrou associação entre o aumento da captação miocárdica de FDG e a piora do strain ventricular.²⁵ Isso sugere que, embora útil para estadiamento e avaliação de resposta tumoral, o FDG pode não captar toda a complexidade das alterações funcionais cardíacas subclínicas.

Neste trabalho, observou-se associação significativa entre sexo masculino e maior peso corporal com a presença de captação miocárdica de FDG. Em contraste, diabetes e DAC associaram-se à ausência de captação. Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre pacientes com e sem histórico de tratamento oncológico (quimioterapia ou radioterapia). Esses resultados evidenciam a complexidade das interações entre fatores de risco cardiovascular e metabolismo da glicose, indicando que o FDG pode não ser um marcador sensível para todas as alterações metabólicas cardioprotetoras. Além disso, apontam para padrões distintos de captação vinculados a comorbidades como diabetes, sobrepeso e DAC, refletindo respostas metabólicas heterogêneas conforme o perfil clínico dos pacientes.

Estudos indicam que a menor utilização de glicose pelo miocárdio em indivíduos com diabetes, DAC ou obesidade decorre de múltiplos mecanismos. Entre eles, destacam-se a redução da expressão de transportadores transmembrana de glicose e a menor translocação desses transportadores em resposta à insulina, em razão da resistência insulínica típica dessas condições.^{26,27} Observa-se, ainda, queda da atividade da piruvato desidrogenase e da capacidade oxidativa mitocondrial.²⁸⁻³¹ Outro fator relevante é o aumento dos ácidos graxos circulantes, associado a menor captação de glicose, sobretudo na presença de adiposidade visceral aumentada.²⁸⁻³¹ Nesse contexto, os achados do G1 estão em concordância com a literatura.

No presente estudo, não houve associação significativa entre maior IMC e ausência de captação miocárdica de FDG, como seria esperado pelos mecanismos acima. Observou-se, ao contrário, que indivíduos com maior peso — não necessariamente obesos — exibiram maior ocorrência de captação. Assim, investigações futuras devem explorar a relação entre IMC, distribuição de gordura corporal e presença ou ausência de captação miocárdica de FDG, especialmente na população oncológica, em que a avaliação da composição corporal assume relevância adicional.³²

Quanto ao sexo masculino, a composição corporal — caracterizada por maior proporção de massa muscular em relação ao sexo feminino — e um perfil de menor resistência à insulina podem contribuir para maior captação de glicose

e, consequentemente, de FDG.³³ Embora os mecanismos não estejam totalmente elucidados, postula-se que miocinas liberadas pelo músculo esquelético possam melhorar a sensibilidade à insulina no miocárdio³⁴ e oferecer proteção cardiovascular.^{34,35}

Medicações e comorbidades também podem influenciar a captação miocárdica de FDG.^{4,12} Fármacos como inibidores do cotransportador de sódio-glicose-2 e metformina, por exemplo, podem modificar a captação ao refletirem mudanças no metabolismo energético, sem necessariamente indicar dano cardíaco.^{34,35} No presente estudo, não observamos diferenças nos padrões de captação segundo o uso de drogas cardiológicas; contudo, por se tratar de delineamento retrospectivo, não foi possível avaliar esse aspecto de forma conclusiva. Ademais, comorbidades como diabetes e doença isquêmica do coração demandam estratificação mais detalhada, pois diferentes graus de comprometimento metabólico podem alterar a captação de FDG e dificultar sua interpretação.

A extrapolação dos resultados é limitada pela composição da amostra — majoritariamente de pacientes da rede pública, com alta prevalência de linfoma e câncer de mama. Além disso, protocolos específicos para análise cardíaca da captação de FDG, que incluem períodos mais longos de jejum, não foram adotados, pois não constituíam o objetivo primário do exame. Por ser um estudo retrospectivo, a definição das variáveis ficou restrita às fichas clínicas, incluindo limitações como a caracterização de DAC baseada no uso concomitante de AAS e estatina — combinação que pode ter sido indicada por outros motivos clínicos, não necessariamente por DAC ou cerebrovascular. Reconhecemos, ainda, como limitação a análise agrupada de diferentes medicações cardiológicas e hipoglicemiantes, com mecanismos de ação, meias-vidas e esquemas de suspensão distintos, o que impediu avaliação mais específica dos impactos metabólicos por classe. Apesar dessas restrições, a ampla casuística oferece base sólida para estudos futuros e reforça a necessidade de investigar, com maior detalhamento, as diferenças no metabolismo miocárdico da glicose em função dos fatores de risco cardiovascular, bem como sua relação com fenótipos e possíveis mecanismos de proteção contra cardiotoxicidade.

Conclusão

Apesar das limitações, este estudo identificou, de forma pioneira, padrões distintos de captação miocárdica de FDG, sugerindo fenótipos metabólicos específicos associados a comorbidades cardiovasculares em pacientes oncológicos. Fatores como sexo masculino, maior peso corporal, diabetes e DAC parecem exercer papel relevante na utilização de FDG pelo miocárdio. Diabetes e DAC foram preditores independentes de ausência de captação, ao passo que sexo masculino e maior peso corporal previram presença de captação. Esses achados reforçam a necessidade de aprofundar a compreensão dos mecanismos subjacentes a tais associações — não apenas para avançar o entendimento das doenças cardiometabólicas, mas também para consolidar o potencial

do PET/CT com FDG na avaliação de cardiotoxicidade após o tratamento oncológico.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Ribeiro Sobrinho JMD, Mourato FA, Becker MMC, Brandão SCS; Obtenção de dados: Ribeiro Sobrinho JMD, Leão EDLM, Accioly BB, Becker MMC, Brandão SCS; Análise e interpretação dos dados: Ribeiro Sobrinho JMD, Leão EDLM, Accioly BB, Mourato FA, Becker MMC, Brandão SCS; Análise estatística: Ribeiro Sobrinho JMD, Mourato FA, Brandão SCS; Obtenção de financiamento e Redação do manuscrito: Ribeiro Sobrinho JMD, Brandão SCS; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo: Mourato FA, Brandão SCS.

Potencial conflito de interesse

Não há conflito com o presente artigo.

Fontes de financiamento

O presente estudo foi financiado por Edital PROPESQI nº04/2023 - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UFPE/CNPq).

Referências

- Melo MDT, Paiva MC, Santos MVC, Rochitte CE, Moreira VM, Saleh MH, et al. Brazilian Position Statement on the Use Of Multimodality Imaging in Cardio-Oncology - 2021. *Arq Bras Cardiol.* 2021;117(4):845-909. doi: 10.36660/abc.20200266.
- Lyon AR, López-Fernández T, Couch LS, Asteggiano R, Aznar MC, Bergler-Klein J, et al. 2022 ESC Guidelines on Cardio-Oncology Developed in Collaboration with the European Hematology Association (EHA), the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO) and the International Cardio-Oncology Society (IC-OS). *Eur Heart J.* 2022;43(41):4229-361. doi: 10.1093/eurheartj/ehac244.
- 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.
- Kim J, Cho SC, Kang SR, Yoo SW, Kwon SY, Min JJ, et al. Association between FDG Uptake in the Right Ventricular Myocardium and Cancer Therapy-Induced Cardiotoxicity. *J Nucl Cardiol.* 2020;27(6):2154-63. doi: 10.1007/s12350-019-01617-y.
- Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM Procedure Guidelines for Tumour Imaging: Version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2015;42(2):328-54. doi: 10.1007/s00259-014-2961-x.
- American Joint Committee on Cancer. *AJCC Cancer Staging Manual.* 8th ed. Chicago: Springer; 2017.
- National Comprehensive Cancer Network. *Breast Cancer (Version 5.2021).* Plymouth Meeting: NCCN; 2021 [cited 2025 Oct 20]. Available from: https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/breast.pdf.
- 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.
- 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.
- Zuurbier CJ, Bertrand L, Beauloye CR, Andreadou I, Ruiz-Meana M, Jespersen NR, et al. Cardiac Metabolism as a Driver and Therapeutic Target of Myocardial Infarction. *J Cell Mol Med.* 2020;24(11):5937-54. doi: 10.1111/jcmm.15180.
- Pasqua T, Rocca C, Giglio A, Angelone T. Cardiometabolism as an Interlocking Puzzle between the Healthy and Diseased Heart: New Frontiers in Therapeutic Applications. *J Clin Med.* 2021;10(4):721. doi: 10.3390/jcm10040721.
- Haider A, Bengs S, Schade K, Wijnen WJ, Portmann A, Etter D, et al. Myocardial 18F-FDG Uptake Pattern for Cardiovascular Risk Stratification in Patients Undergoing Oncologic PET/CT. *J Clin Med.* 2020;9(7):2279. doi: 10.3390/jcm9072279.
- Sarocchi M, Bauckneht M, Arboscio E, Capitanio S, Marini C, Morbelli S, et al. An Increase in Myocardial 18-Fluorodeoxyglucose Uptake is Associated with Left Ventricular Ejection Fraction Decline in Hodgkin Lymphoma Patients Treated with Anthracycline. *J Transl Med.* 2018;16(1):295. doi: 10.1186/s12967-018-1670-9.
- Bauckneht M, Pastorino F, Castellani P, Cossu V, Orenco AM, Piccioli P, et al. Increased Myocardial 18F-FDG Uptake as a Marker of Doxorubicin-Induced Oxidative Stress. *J Nucl Cardiol.* 2020;27(6):2183-94. doi: 10.1007/s12350-019-01618-x.
- Mahabadi AA, Rischpler C. Cardiovascular Imaging in Cardio-Oncology. *J Thorac Dis.* 2018;10(Suppl 35):S4351-66. doi: 10.21037/jtd.2018.10.92.
- Capone F, Sotomayor-Flores C, Bode D, Wang R, Rodolico D, Strocchi S, et al. Cardiac Metabolism in HFpEF: From Fuel to Signalling. *Cardiovasc Res.* 2023;118(18):3556-75. doi: 10.1093/cvr/cvac166.
- TOTZECK, Matthias et al. Cardio-oncology-strategies for management of cancer-therapy related cardiovascular disease. *International Journal of Cardiology.* v. 280, p. 163-175, 2019. doi:10.1016/j.ijcard.2019.01.038.

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 Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco sob o número de protocolo 68674623.9.0000.8807. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013.

Uso de Inteligência Artificial

Durante a preparação deste trabalho, o(s) autor(es) usaram ChatGPT (OpenAI) para correção de erros gramaticais e ferramenta de busca para reunir informações e referências relevantes.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Artigo Original

18. Chen R, Zhang H, Tang B, Luo Y, Yang Y, Zhong X, et al. Macrophages in Cardiovascular Diseases: Molecular Mechanisms and Therapeutic Targets. *Signal Transduct Target Ther*. 2024;9(1):130. doi: 10.1038/s41392-024-01840-1.
19. Pijl JP, Nienhuis PH, Kwee TC, Claudemans AWJM, Slart RHJA, Gormsen LC. Limitations and Pitfalls of FDG-PET/CT in Infection and Inflammation. *Semin Nucl Med*. 2021;51(6):633-45. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2021.06.008.
20. Oudot A, Courteau A, Guillemin M, Vrigneaud JM, Walker PM, Brunotte F, et al. [123I]MIBG is a Better Early Marker of Anthracycline Cardiotoxicity than [18F]FDG: A Preclinical SPECT/CT and Simultaneous PET/MR Study. *EJNMMI Res*. 2021;11(1):92. doi: 10.1186/s13550-021-00835-1.
21. Kersting D, Mavroeldi IA, Sattelmeier S, Seifert R, Schuler M, Herrmann K, et al. Molecular Imaging Biomarkers in Cardiooncology: A View on Established Technologies and Future Perspectives. *J Nucl Med*. 2023;64(Suppl 2):29S-38S. doi: 10.2967/jnumed.122.264868.
22. Plana JC, Thavendiranathan P, Bucciarelli-Ducci C, Lancellotti P. Multi-Modality Imaging in the Assessment of Cardiovascular Toxicity in the Cancer Patient. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11(8):1173-86. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.06.003.
23. Totzeck M, Aide N, Bauersachs J, Bucerius J, Georgoulas P, Herrmann 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.
24. Boudina S, Abel ED. Mitochondrial Uncoupling: A Key Contributor to Reduced Cardiac Efficiency in Diabetes. *Physiology*. 2006;21:250-8. doi: 10.1152/physiol.00008.2006.
25. Becker MMC. Avaliação do Metabolismo Glicolítico Cardíaco e da Deformidade Miocárdica Antes e Após Quimioterapia em Pacientes com Linfoma [dissertation]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2024.
26. Peterson LR, Herrero P, Coggan AR, Kisrieva-Ware Z, Saeed I, Dence C, et al. Type 2 Diabetes, Obesity, and Sex Difference Affect the Fate of Glucose in the Human Heart. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2015;308(12):H1510-6. doi: 10.1152/ajpheart.00722.2014.
27. Mouton AJ, Li X, Hall ME, Hall JE. Obesity, Hypertension, and Cardiac Dysfunction: Novel Roles of Immunometabolism in Macrophage Activation and Inflammation. *Circ Res*. 2020;126(6):789-806. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.119.312321.
28. Lee Y, Jang J, Lim S, Na SJ. Evaluation of Clinical Variables Affecting Myocardial Glucose Uptake in Cardiac FDG PET. *Diagnostics*. 2024;14(16):1705. doi: 10.3390/diagnostics14161705.
29. Succurro E, Vizza P, Ciccone F, Cassano V, Massimino M, Giofrè F, et al. Sex-Specific Differences in Myocardial Glucose Metabolic Rate in Non-Diabetic, Pre-Diabetic and Type 2 Diabetic Subjects. *Cardiovasc Diabetol*. 2024;23(1):144. doi: 10.1186/s12933-024-02246-7.
30. Devesa A, Fuster V, Vazirani R, García-Lunar I, Oliva B, España S, et al. Cardiac Insulin Resistance in Subjects with Metabolic Syndrome Traits and Early Subclinical Atherosclerosis. *Diabetes Care*. 2023;46(11):2050-7. doi: 10.2337/dc23-0871.
31. Baracos VE, Arribas L. Sarcopenic Obesity: Hidden Muscle Wasting and its Impact for Survival and Complications of Cancer Therapy. *Ann Oncol*. 2018;29(Suppl 2):ii1-ii9. doi: 10.1093/annonc/mdx810.
32. Kim YE, Kim D, Kim J, Yun M, Kang ES. Association between Appendicular Skeletal Muscle Mass and Myocardial Glucose Uptake Measured by 18F-FDG PET. *ESC Heart Fail*. 2025;12(1):467-76. doi: 10.1002/ehf2.15086.
33. Balakrishnan R, Thurmond DC. Mechanisms by Which Skeletal Muscle Myokines Ameliorate Insulin Resistance. *Int J Mol Sci*. 2022;23(9):4636. doi: 10.3390/ijms23094636.
34. Lauritsen KM, Nielsen BRR, Tolbod LP, Johannsen M, Hansen J, Hansen TK, et al. SGLT2 Inhibition does Not Affect Myocardial Fatty Acid Oxidation or Uptake, but Reduces Myocardial Glucose Uptake and Blood Flow in Individuals with Type 2 Diabetes: A Randomized Double-Blind, Placebo-Controlled Crossover Trial. *Diabetes*. 2021;70(3):800-8. doi: 10.2337/db20-0921.
35. Tsuchida H, Morita Y, Nogami M, Ogawa W. Metformin Action in the Gut-Insight Provided by [18F]FDG PET Imaging. *Diabetol Int*. 2021;13(1):35-40. doi: 10.1007/s13340-021-00545-y.



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