

Impacto do diabetes tipo 2 na capacidade aeróbica de mulheres pós-menopáusicas: uma revisão integrativa

Impact of type 2 diabetes on aerobic capacity in postmenopausal women: an integrative review

Impacto de la diabetes tipo 2 en la capacidad aeróbica en mujeres posmenopáusicas: una revisión integradora

Camila Fontes Guedes Bernardes¹, Laura Oliveira Campos², Aline Carvalho Pereira³

Como citar: Bernardes CFG, Campos LO, Pereira AC. Impacto do diabetes tipo 2 na capacidade aeróbica de mulheres pós-menopáusicas: uma revisão integrativa. REVisa. 2026; 15(Esp.1): 78-84. Doi: <https://doi.org/10.36239/revisa.v15.nEsp1.p78a84>

REVisa

1. Universidade Federal de Lavras.
Graduação. Departamento de
Medicina. Lavras, Minas Gerais,
Brasil. <https://orcid.org/0009-0007-0327-7581>

2. Universidade Federal de Lavras.
Graduação. Departamento de
Medicina. Lavras, Minas Gerais,
Brasil. <https://orcid.org/0009-0008-0179-1007>

3. Universidade Federal de Lavras.
Docente do Departamento de
Medicina. Lavras, Minas Gerais,
Brasil. <https://orcid.org/0009-0008-0179-1007>

Recebido: 12/10/2025
Aprovado: 11/12/2025

RESUMO

Objetivo: compreender os fatores envolvidos na função cardiorrespiratória e na capacidade funcional em mulheres com DM2 na pós-menopausa durante o teste de esforço, por meio de dados obtidos na literatura recente. **Métodos:** Foram selecionados artigos publicados entre 2014 e 2024 nas bases PubMed, Web of Science e SCOPUS, utilizando os termos “menopause” AND “type 2 diabetes” AND “treadmill”. Após aplicar os critérios de inclusão e exclusão, oito artigos foram identificados, mas apenas dois abordaram especificamente o tema proposto. **Resultados:** Um dos estudos mostrou que mulheres com DM2, na pré e pós-menopausa, apresentaram menor VO₂ máximo, cinética de VO₂ e pico de potência, além de uma maior adaptação do débito cardíaco em exercício submáximo, sugerindo que a queda no VO₂ não se deve ao DC. A menopausa não alterou os resultados, possivelmente pela idade (<60 anos) e alto IMC, que podem manter a produção de estrogênio. O outro estudo, com mulheres sem DM2, mas com ou sem histórico familiar da doença, não encontrou diferenças no metabolismo durante ou após o exercício. **Conclusão:** O DM2 reduz o consumo máximo de oxigênio em mulheres na pré e pós-menopausa. A menopausa isoladamente não mostrou efeito significativo, possivelmente devido à adiposidade, que pode ter atenuado seus impactos negativos.

Descritores: Menopausa. Diabetes Mellitus Tipo 2. Teste de Esforço Físico.

ABSTRACT

Objective: To understand the factors involved in cardiorespiratory function and functional capacity in postmenopausal women with DM2 during exercise testing, using data obtained from recent literature. **Methods:** Articles published between 2014 and 2024 were selected from PubMed, Web of Science, and SCOPUS databases using the terms “menopause” AND “type 2 diabetes” AND “treadmill.” After applying the inclusion and exclusion criteria, eight articles were identified, but only two specifically addressed the proposed topic. **Results:** One of the studies showed that women with DM2, both pre- and post-menopausal, had lower VO₂ max, VO₂ kinetics, and peak power, as well as greater adaptation of cardiac output during submaximal exercise, suggesting that the decrease in VO₂ is not due to CD. Menopause did not alter the results, possibly due to age (<60 years) and high BMI, which may maintain estrogen production. The other study, with women without DM2 but with or without a family history of the disease, found no differences in metabolism during or after exercise. **Conclusion:** T2D reduces maximum oxygen consumption in pre- and postmenopausal women. Menopause alone did not show a significant effect, possibly due to adiposity, which may have mitigated its negative impacts

Descriptors: Menopause. Type 2 Diabetes Mellitus. Exercise Test.

RESUMEN

Objetivo: Comprender los factores que intervienen en la función cardiorrespiratoria y la capacidad funcional en mujeres con DM2 posmenopáusicas durante la prueba de esfuerzo, a partir de datos obtenidos en la literatura reciente. **Métodos:** Se seleccionaron artículos publicados entre 2014 y 2024 en las bases de datos PubMed, Web of Science y SCOPUS, utilizando los términos «menopause» AND «type 2 diabetes» AND «treadmill». Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se identificaron ocho artículos, pero solo dos abordaban específicamente el tema propuesto. **Resultados:** Un estudio demostró que las mujeres premenopáusicas y posmenopáusicas con diabetes mellitus tipo 2 (DM2) presentaban un VO₂ máx., una cinética del VO₂ y una potencia pico más bajos, así como una mayor adaptación del gasto cardíaco durante el ejercicio submáximo. Esto sugiere que la disminución del VO₂ no se debía al CO. La menopausia no alteró los resultados, posiblemente debido a la edad (<60 años) y al IMC elevado, que podrían mantener la producción de estrógenos. El otro estudio, realizado en mujeres sin DM2, pero con o sin antecedentes familiares de la enfermedad, no encontró diferencias en el metabolismo durante ni después del ejercicio. **Conclusión:** DM2 reduce el consumo máximo de oxígeno en mujeres pre y posmenopáusicas. La menopausia por sí sola no mostró un efecto significativo, posiblemente debido a la adiposidad, que puede haber atenuado sus impactos negativos.

Descritores: Menopausia. Diabetes mellitus tipo 2. Prueba de esfuerzo.

Introdução

A menopausa é um processo biológico caracterizado pela redução significativa na produção de estrogênio, que modula diversas funções fisiológicas no corpo feminino.¹ O estrogênio exerce papel protetor cardiovascular e metabólico, regulando a distribuição de gordura, a sensibilidade à insulina e a função vascular. Sua queda, na menopausa, aumenta adiposidade visceral, resistência vascular e piora o perfil lipídico, aumentando o risco de DM2, além de favorecer um desequilíbrio autonômico, aumentando o risco cardiovascular.²⁻⁴

Ademais, a associação entre deficiência estrogênica e DM2 pode resultar em diminuição da função cardiorrespiratória.^{5,6} Vários fatores podem estar associados, como as alterações cardiovasculares e metabólicas, contribuindo para uma redução do limiar anaeróbio.^{4,5}

A presente revisão teve como objetivo buscar, na literatura recente, dados sobre a função cardiorrespiratória de mulheres com DM2 na pós-menopausa durante o teste de esforço, a fim de melhor compreender os fatores envolvidos na função cardiorrespiratória e na capacidade funcional nesse público.

Método

A busca dos artigos foi realizada nas bases de dados PubMed, Web of Science e SCOPUS, utilizando combinações dos descritores "menopause", "type 2 diabetes" e diferentes descritores relacionados a teste de esforço ("exercise treadmill", "exercise stress" e "exercise test"). Foram incluídos artigos publicados nos últimos 10 anos, que avaliaram a função cardiorrespiratória em mulheres na pós-menopausa com DM2. Excluíram-se revisões da literatura e relatos de casos. Foram identificados 32 artigos. A triagem foi realizada de forma independente por quatro pesquisadores, que discutiram e chegaram à concordância final.

Resultados

Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 24 artigos foram excluídos. Após avaliação criteriosa dos oito artigos restantes, seis foram descartados por não contemplarem os objetivos do estudo. Dessa forma, apenas dois artigos foram utilizados na revisão.

Kiely et al.⁷ pesquisaram a influência da menopausa no comprometimento induzido pelo DM2 no desempenho cardiorrespiratório, com foco no pico de VO_2 e na cinética de VO_2 durante um teste de esforço em bicicleta ergométrica com análise de VO_2 e débito cardíaco submáximo. Foram avaliadas 22 mulheres com DM2 e 22 não-diabéticas pareadas por estado menopausal e idade. Todas possuíam menos de 60 anos. Lagacé et al.⁸ investigou o impacto do histórico familiar de DM2 em mulheres pós-menopáusicas sem DM2 durante o exercício aeróbico submáximo (cicloergômetro). O estudo incluiu 19 mulheres inativas, 60–75 anos, sem doenças

crônicas, na pós-menopausa, estratificadas por histórico familiar (parente de 1º grau) de DM2. Foram monitoradas as trocas gasosas, frequência cardíaca e marcadores bioquímicos plasmáticos. O quadro 1 abaixo sintetiza os principais resultados sobre os artigos incluídos.

Quadro I – Características dos estudos incluídos

Estudo	Principal achado	Limitações
Kiely et al. (2015)	DM2 reduziu VO_2 pico e desacelerou a cinética de VO_2 (fase II), independente da menopausa. Em controles saudáveis, a diferença relativa da constante de tempo entre pré e pós foi ~12% (vs ~3% nos grupos DM2). No exercício submáximo, DC absoluto menor em DM2, mas adaptação proporcional maior → coração não é o principal limitador.	Pequeno tamanho da amostra; avaliação do estado menopausal por autorrelato; ausência da idade de início da menopausa.
Lagacé et al. (2022)	Não houve diferenças entre grupos na oxidação/concentrações de substratos; contudo, o grupo com histórico familiar realizou o teste em menor % da reserva de FC e completou mais testes.	Pequeno tamanho da amostra; uso de métodos indiretos para estimar a oxidação de gordura; ausência de medidas hormonais.

Fonte: Elaborada pelos autores (2025). DM2 = Diabetes mellitus tipo 2; VO_2 = captação de oxigênio

Discussão

A transição para a menopausa aumenta a incidência de DCV e de DM2.⁷ O efeito protetor do estrogênio parece ser influenciado pela presença do DM2, visto que mulheres diabéticas apresentam risco cardiovascular equivalente ao dos homens diabéticos.⁷ A presença de DM2, com ou sem complicações cardiovasculares, é frequentemente associada à redução da captação máxima de oxigênio.^{5,6,9-11} Dessa forma, DM2 associada à deficiência estrogênica pode impactar a saúde e o desempenho físico dessas mulheres.

Mercuro et al.², relata que a menopausa está relacionada a uma redução na tolerância ao exercício físico. Regensteiner et al.⁵ comparou as respostas cardiorrespiratórias ao exercício entre mulheres pré-menopáusicas e pós-menopáusicas treinadas em endurance e encontrou que as mulheres na pós-menopausa exibiram VO_2 mais baixo em comparação com mulheres eumenorreicas no limiar ventilatório.

Kiely et al.⁷ propôs que o DM2 teria um impacto mais acentuado na redução do pico de VO_2 em mulheres na pré-menopausa do que em mulheres na pós-menopausa. No entanto, os resultados mostraram que mulheres com DM2 apresentaram reduções no pico absoluto de VO_2 em comparação com as mulheres não diabéticas, independentemente da menopausa. Foi observada uma

desaceleração na cinética de VO_2 , sugerindo que o DM2 impacta diretamente a função cardiorrespiratória, independentemente das alterações hormonais associadas à menopausa.

Neste estudo, não foi avaliada a concentração hormonal sérica, além de não considerar a idade de início da menopausa. Evidências sugerem que tanto a idade de início da menopausa quanto a duração do climatério podem afetar os parâmetros cardiovasculares, o que pode ter contribuído para os resultados observados.

A alteração na cinética de VO_2 observada por Kiely et al.⁷ indica que a capacidade de se ajustar à demanda de oxigênio durante o exercício submáximo está comprometida em função da DM2. Clinicamente, pode reduzir a tolerância ao exercício¹⁴, corroborando estudos prévios.^{5,11-13}

Kiely et al.⁷ também observaram que, embora houvesse uma redução nos valores absolutos do débito cardíaco (DC) nos grupos com DM2 durante o exercício submáximo, após o ajuste pela carga e esforço, observou-se na verdade uma adaptação cardiovascular proporcionalmente maior nesses indivíduos. Os achados condizem com Regensteiner et al.⁸ que diz não haver alteração na função cardíaca em repouso de mulheres na pré-menopausa com DM2. Então, a resposta cardíaca não parece ser o fator determinante da cinética de VO_2 em indivíduos com DM2 não complicada. As alterações hormonais que ocorrem no período da menopausa podem contribuir para o desenvolvimento de complicações metabólicas e vasculares, indiretamente associadas à cinética do VO_2 .⁸

Além disso, a menopausa pode impactar o peso, a composição corporal e a distribuição da gordura, aumentando o risco de desenvolvimento do DM2.⁸ O histórico familiar positivo de DM2 representa fator de risco significativo, elevando em até 40% a probabilidade de desenvolvimento de pré-diabetes.¹⁵ Allerton et al.¹⁶ investigou a flexibilidade metabólica em indivíduos com histórico materno positivo de DM2 com aqueles sem histórico familiar da doença. Os autores observaram que indivíduos com histórico familiar de DM2 apresentaram comprometimento no metabolismo de gordura durante o exercício intervalado de alta intensidade. Entretanto, Lagacé et al.⁸ mostraram não haver diferenças no metabolismo ou na oxidação de substratos durante o exercício submáximo entre grupos semelhantes. Diferenças entre os estudos podem ter ocorrido devido a metodologia, visto que Allerton et al.¹⁶ avaliou um contexto pós prandial, enquanto Lagacé et al.¹⁰ focou apenas no metabolismo do exercício. Lagacé et al.⁸ sugere que os defeitos metabólicos associados ao histórico familiar são limitados a contextos onde a ação da insulina é crítica, como em exercícios de maior intensidade ou situações de estresse metabólico.

Lagacé et al.⁸ postularam que mulheres na pós-menopausa poderiam ser isentas de alterações metabólicas observadas em populações mais jovens resistentes à insulina e que o risco aumentado de desenvolvimento de DM2 associado à transição da menopausa mascara as diferenças impostas pelo histórico familiar de DM2. As hipóteses de Lagacé et al.⁸ destacam a complexidade das interações entre fatores hormonais, metabólicos e o histórico familiar de DM2, que influenciam o metabolismo lipídico em diferentes faixas etárias e condições fisiológicas.

Interessante foi a observação de que todas as participantes com histórico familiar de DM2 completaram o teste de exercício, enquanto metade do grupo

controle (sem histórico familiar) não o completaram, apesar de ambos os grupos apresentarem capacidades aeróbicas máximas semelhantes.⁸ Os autores sugeriram que indivíduos com histórico familiar de DM2 podem ter algumas adaptações fisiológicas que permitem uma melhor tolerância ao exercício, apesar do aumento do risco de desenvolver DM2.^{8, 17}

Os achados desta revisão indicam que mulheres com DM2 apresentam uma redução significativa de VO_2 máximo, sugerindo uma menor eficiência no consumo de oxigênio e comprometimento da capacidade aeróbica. Essa limitação parece estar associada a uma menor extração periférica de oxigênio, possivelmente relacionada à disfunção endotelial e à menor capilarização muscular. Apesar disso, observou-se um aumento compensatório no débito cardíaco, sugerindo um ajuste hemodinâmico para atenuar os efeitos da menor oxigenação tecidual.⁷ A menor eficiência mecânica em mulheres com DM2 pode estar relacionada a alterações musculoesqueléticas e metabólicas, como a maior dependência do metabolismo anaeróbico e a presença de resistência à insulina.^{5, 17} Ressalta-se a importância de estratégias direcionadas para otimizar a aptidão cardiorrespiratória, objetivando melhorar a capacidade funcional e reduzir o risco cardiovascular nessa população.⁹

A revisão apresenta como principal limitação o número reduzido de artigos incluídos, o que limita a generalização dos resultados. Isso se deve à escassez de estudos abordando especificamente a função cardiorrespiratória de mulheres com DM2 na pós-menopausa.

Conclusão

Em conclusão, mulheres com DM2 têm desempenho prejudicado em exercícios, porém o histórico familiar não parece estar associado a tais efeitos em pós-menopausas híginas. Os achados sugerem que a manutenção da saúde metabólica e a prática precoce de exercícios podem prevenir comprometimentos futuros. Ademais, embora a menopausa não tenha demonstrado efeito direto nos resultados, não é possível descartar sua influência na função cardiorrespiratória, visto que o papel do estrogênio endógeno, especialmente em mulheres com maior adiposidade, pode ter contribuído para atenuar os efeitos negativos da menopausa. O número reduzido de publicações abordando o assunto destaca a necessidade de estudos para investigar e prevenir as consequências da menopausa e da DM2 na função cardiorrespiratória e na saúde da mulher.

Referências

1. Jensen E V., Jacobson HI, Walf AA, Frye CA. Estrogen action: A historic perspective on the implications of considering alternative approaches. *Physiol Behav* [Internet]. 2010 Feb 9 [cited 2025 Aug 8];99(2):151-62.
2. Mercurio G, Saiu F, Deidda M, Mercurio S, Vitale C, Rosano GMC. Impairment of physical exercise capacity in healthy postmenopausal women. *Am Heart J* [Internet]. 2006 Apr [cited 2025 Aug 13];151(4):923-7.
3. Alencar AKN de, Wang H, Oliveira GMM de, Sun X, Zapata-Sudo G, Groban L. Relações entre a Redução de Estrogênio, Obesidade e Insuficiência Cardíaca

com Fração de Ejeção Preservada. *Arq Bras Cardiol* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2025 Aug 13];117(6):1191–201.

4. Cooke PS, Naaz A. Role of estrogens in adipocyte development and function. *Exp Biol Med*. 2004;229(11):1127–35.

5. Regensteiner JG, Bauer TA, Reusch JEB, Brandenburg SL, Sippel JM, Vogelsong AM, et al. Abnormal oxygen uptake kinetic responses in women with type II diabetes mellitus. *J Appl Physiol*. 1998;85(1):310–7.

6. Estacio RO, Regensteiner JG, Wolfel EE, Jeffers B, Dickenson M, Schrier RW. The association between diabetic complications and exercise capacity in NIDDM patients. *Diabetes Care* [Internet]. 1998 [cited 2025 Aug 13];21(2):291–5.

7. Kiely C, Rocha J, O'Connor E, O'Shea D, Green S, Egaña M. Influence of menopause and type 2 diabetes on pulmonary oxygen uptake kinetics and peak exercise performance during cycling. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2015;309(8):R875–83.

8. Lagacé JC, Paquin J, Tremblay R, St-Martin P, Tessier D, Plourde M, et al. The Influence of Family History of Type 2 Diabetes on Metabolism during Submaximal Aerobic Exercise and in the Recovery Period in Postmenopausal Women. *Nutrients*. 2022 Nov 1;14(21).

9. Regensteiner JG, Bauer TA, Reusch JEB, Quaife RA, Chen MY, Smith SC, et al. Cardiac dysfunction during exercise in uncomplicated type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2009 May [cited 2025 Aug 13];41(5):977–84.

10. Regensteiner JG, Sippel J, McFarling ET, Wolfel EE, Hiatt WR. Effects of non-insulin- dependent diabetes on oxygen consumption during treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(5):661–7.

11. MacAnaney O, Reilly H, O'Shea D, Egaña M, Green S. Effect of type 2 diabetes on the dynamic response characteristics of leg vascular conductance during exercise. *Diab Vasc Dis Res*. 2011 Jan;8(1):12–21.

12. O'Connor E, Kiely C, O'Shea D, Green S, Egaña M. Similar level of impairment in exercise performance and oxygen uptake kinetics in middle-aged men and women with type 2 diabetes. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* [Internet]. 2012 Jul 1 [cited 2025 Aug 13];303(1).

13. Bauer TA, Reusch JEB, Levi M, Regensteiner JG. Skeletal muscle deoxygenation after the onset of moderate exercise suggests slowed microvascular blood flow kinetics in type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2007 Nov;30(11):2880–5.

14. Mercurio G, Saiu F, Deidda M, Mercurio S, Vitale C, Rosano GMC. Effect of hormone therapy on exercise capacity in early postmenopausal women. *Obstetrics and Gynecology*. 2007 Oct;110(4):780–7.

15. Wagner R, Thorand B, Osterhoff MA, Müller G, Böhm A, Meisinger C, et al. Family history of diabetes is associated with higher risk for prediabetes: A

multicentre analysis from the German Center for Diabetes Research. *Diabetologia*. 2013 Oct;56(10):2176–80.

16. Allerton TD, Irving BA, Spielmann G, Primeaux S, Landin D, Nelson A, et al. Metabolic flexibility is impaired in response to acute exercise in the young offspring of mothers with type 2 diabetes. *Physiol Rep* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2025 Aug 13];7(17).

17. Nyholm B, Qu Z, Kaal A, Pedersen SB, Gravholt CH, Andersen JL, et al. Evidence of an increased number of type IIb muscle fibers in insulin-resistant first-degree relatives of patients with NIDDM. *Diabetes*. 1997;46(11):1822–8.

Autor de Correspondência

Camila Fontes Guedes Bernardes
Rua João Pinto Gonçalves, 32, ap 404,
Centro, CEP: 37203-592. Lavras, Minas
Gerais, Brasil.
camila.guedes@estudante.ufla.br