

REVISÃO

Efeito do exercício resistido nos níveis de hemoglobina glicada em pacientes com diabetes: Uma revisão sistemática com metanálise

The effect of resistance training on glycated haemoglobin levels in patients with diabetes: A systematic review with meta-analysis

Ana Lídia Barbosa Braga¹, Júlia Lopes Ferreira¹, Julia Mizuta Lacerda¹, Marianna Palhares Hallais França¹, Bárbara Madureira Silveira²

¹Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCM-MG), Fundação Educacional Lucas Machado, Belo Horizonte, MG, Brasil

²Faculdade de Saúde e Ecologia Humana (FASEH), Vespasiano, MG, Brasil

Recebido em: 22 de Julho de 2026; Aceito em: 24 de Agosto de 2026.

Correspondência: Ana Lídia Barbosa Braga, ana_braga@cienciasmedicasmg.edu.br

Como citar

Braga ALB, Ferreira JL, Lacerda JM, França MPH, Silveira BM. Efeito do exercício resistido nos níveis de hemoglobina glicada em pacientes com diabetes: Uma revisão sistemática com metanálise. Fisioter Bras. 2026;27(7):4945-4964. doi: [10.62827/fb.v27i7.1265](https://doi.org/10.62827/fb.v27i7.1265).

Resumo

Introdução: O diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é uma das doenças crônicas mais prevalentes no mundo e está associado a hiperglicemia persistente em decorrência da resistência insulínica. O músculo esquelético é o principal local de captação da glicose mediada por insulina, a sua redução pode comprometer o controle glicêmico. Assim, o treinamento resistido tem sido proposto como uma estratégia complementar no tratamento da doença. **Objetivo:** Descreveu-se a influência do treinamento resistido isolado nos níveis de hemoglobina glicada (HbA1c) em indivíduos com DM2. **Métodos:** Realizou-se busca sistemática à partir de buscas nas bases PubMed/Medline (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online), Cochrane Library (CENTRAL — Cochrane Central Register of Controlled Trials), SciELO (Scientific Electronic Library Online) e LILACS/BVS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde/Biblioteca Virtual em Saúde), combinando termos livres e descritores controlados (MeSH, DeCS, Emtree) via operadores booleanos. Incluiu-se ensaios clínicos randomizados com adultos diagnosticados com diabetes tipo 2 submetidos a pelo menos 8 semanas de treino resistido exclusivo em comparação ao cuidado usual, com desfecho na HbA1c. O risco de viés foi mensurado pelo RoB 2 e a análise quantitativa

utilizou modelo de efeitos aleatórios por diferença de médias, com heterogeneidade avaliada pelo I^2 . **Resultados:** Demonstrou-se que o treinamento resistido foi eficaz na melhora do controle glicêmico ao reduzir níveis de HbA1c. Além disso, observou-se aumento da massa muscular, melhora da força, da composição corporal e de outros parâmetros metabólicos. **Conclusão:** Os dados obtidos indicam que o treinamento resistido é uma intervenção não farmacológica eficaz e segura para o manejo do DM2, contribuindo para um melhor controle glicêmico e para uma maior capacidade funcional. Entretanto, é fundamental definir protocolos mais específicos de treinamento em diferentes perfis de pacientes.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus Tipo 2; Treinamento resistido; Hemoglobina glicada.

Abstract

Introduction: Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is one of the most prevalent chronic conditions worldwide and is associated with persistent hyperglycaemia resulting from insulin resistance. Skeletal muscle is the primary site of insulin-mediated glucose uptake; a reduction in this uptake can compromise glycaemic control. Consequently, resistance training has been proposed as a complementary strategy in the treatment of the condition. **Objective:** To describe the effect of resistance training alone on glycated haemoglobin (HbA1c) levels in individuals with T2DM. **Methods:** A systematic review was conducted using searches of the PubMed/Medline (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online), Cochrane Library (CENTRAL — Cochrane Central Register of Controlled Trials), SciELO (Scientific Electronic Library Online) and LILACS/BVS (Latin American and Caribbean Health Sciences Literature/Virtual Health Library), combining free-text terms and controlled descriptors (MeSH, DeCS, Emtree) via Boolean operators. The review included randomised clinical trials involving adults diagnosed with type 2 diabetes who underwent at least 8 weeks of resistance training alone compared with usual care, with HbA1c as the outcome measure. The risk of bias was assessed using the RoB 2 tool, and the quantitative analysis employed a random-effects model based on the difference in means, with heterogeneity assessed using the I^2 statistic. **Results:** Resistance training was shown to be effective in improving glycaemic control by reducing HbA1c levels. Furthermore, an increase in muscle mass, improved strength, body composition and other metabolic parameters were observed. **Conclusion:** The data obtained indicate that resistance training is an effective and safe non-pharmacological intervention for the management of type 2 diabetes, contributing to better glycaemic control and improved functional capacity. However, it is essential to define more specific training protocols for different patient profiles.

Keywords: Type 2 Diabetes Mellitus; Resistance Training; Glycated Hemoglobin.

Introdução

O diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é considerado uma das doenças mais prevalentes no mundo todo. Os portadores de DM2 representam 90% dos casos de diabetes, sendo que ainda há uma perspectiva desse número aumentar consideravelmente nos

próximos anos [1]. É uma enfermidade que eleva o risco de doenças microvasculares, como neuropatia, nefropatia, acidente vascular cerebral e demais complicações. Ademais, essa população tem duas a três vezes mais risco de desenvolver

alguma comorbidade cardiovascular, que equivale a 80% das mortes em indivíduos com DM2 [2]. Cabe ressaltar que, o DM2 se caracteriza por níveis altos de glicose na corrente sanguínea em consequência da resistência à insulina. Nesse contexto, a resistência ocorre quando o corpo não consegue responder adequadamente à insulina, mesmo quando os valores desse hormônio estejam normais ou aumentados [1].

A insulina é um hormônio responsável por auxiliar no armazenamento e na absorção dos nutrientes, principalmente da glicose, em tecidos como fígado e músculos esqueléticos, sendo que, esse último grupo, representa cerca de 40% do peso corporal total e é o local onde ocorre 80% da captação da glicose em pessoas saudáveis, sem DM2, sendo então o local que mais tem resistência à insulina [1]. Nesse contexto, o baixo volume de massa muscular diminui a qualidade dos tecidos que são responsivos à insulina sérica disponível, o que promove a resistência à insulina, levando o indivíduo a desenvolver DM2. Essa perda da massa muscular, ocorre principalmente na população idosa, já que mudanças na composição corporal fazem parte do envelhecimento [3].

Diante do exposto, sabe-se que a prática regular de exercícios físicos é benéfica para a população em geral e, principalmente, para os indivíduos com DM2. Entre os benefícios pode-se citar, a melhora da função vascular, a redução da pressão arterial, a diminuição do risco de desenvolver doenças cardiovasculares e a melhora do estado metabólico. A otimização da função vascular ocorre devido a elevação da capacidade das células endoteliais sintetizarem substâncias vasodiladoras, como óxido nítrico e prostaciclina. Dessa forma, a atividade física é considerada um meio não farmacológico eficaz no tratamento da disfunção vascular, uma vez que o exercício físico eleva os

níveis de óxido nítrico, e é através dele que a óxido nítrico sintase endotelial, presente nas células endoteliais dos vasos sanguíneos, promove uma vasodilatação, diminuição da adesão de leucócitos e de agregação de plaquetas [1].

Além disso, alguns estudos mostram que os exercícios de alta intensidade tem potencial para serem mais benéficos na melhora da função vascular, quando comparados com exercícios de baixa a moderada intensidade, especialmente em pacientes com doenças crônicas como a DM2. Ademais, a atividade física auxilia na melhora da glicemia de jejum (GJ), da hemoglobina glicada (HbA1c), perfil lipídico como triglicerídeos (TG), lipoproteína de baixa densidade (LDL), lipoproteína de alta densidade (HDL) e colesterol total, sendo a HbA1c o marcador escolhido para controle da glicemia a longo prazo [1].

As pessoas com DM2 e índice de massa corporal (IMC) $< 25\text{kg/m}^2$, possuem maior relação com sarcopenia ou perda de massa muscular. Nesse contexto, na literatura é possível encontrar uma associação entre massa muscular reduzida e o aumento do risco de mortalidade nesse grupo de pessoas, quando se compara com indivíduos com DM2 e sobrepeso. A recomendação de exercícios para portadores de DM2 é parecida com a da população geral, ou seja, três a cinco dias por semana de atividade aeróbica com intensidade média a alta, com duração por volta de 150 minutos por semana, além de dois ou três momentos de atividade de treino de força [4].

Diante desse cenário, dois ensaios clínicos randomizados, chamados de Estudo do Exercício Aeróbico e de Resistência no Diabetes (Diabetes Aerobic and Resistance Exercise - DARE) e Estudo Benefícios para a Saúde do Treinamento Aeróbico e de Resistido em Indivíduos com Diabetes tipo 2 (Health Benefits of Aerobic and Resistance Training in Individuals With Type 2 Diabetes - HART-D), compararam em pessoas portadoras de DM2 com sobrepeso ou obesidade os

efeitos dos exercícios de força e aeróbico separadamente, e ambos sendo realizados associadamente, em relação a alteração da HbA1c. Concluiu-se que a combinação das duas modalidades foi melhor para reduzir os níveis de HbA1c, do que o treino aeróbico ou de força isoladamente [4].

Nessa perspectiva, há um entrave para a realização dos exercícios resistidos, pois necessita do acesso e conhecimento sobre o uso dos equipamentos dessa modalidade de atividade, sendo uma desvantagem em relação aos exercícios aeróbicos, já que é possível realizá-los de forma gratuita e simples, como correr ou caminhar [2].

Embora os benefícios da atividade física já estejam consolidados em pessoas com DM2, ainda há discordância na literatura sobre as diferentes modalidades de exercícios físicos, em relação à

superioridade de cada uma delas nos parâmetros do metabolismo, da glicemia, da HbA1c, e das doenças cardiovasculares. Somado a isso, outros fatores podem influenciar os resultados dos ensaios clínicos realizados, como intensidade do exercício, frequência realizada, além do fato da pessoa realizar aeróbico isoladamente ou apenas atividade resistida. Diante desse cenário, é fundamental a compreensão dos efeitos das diferentes modalidades em pacientes com DM2 e seus impactos na morbimortalidade dessas pessoas, principalmente na alteração da HbA1c.

Descreveu-se a variação da HbA1c em pacientes com DM2 que foram submetidos ao treinamento resistido (TR), em comparação àqueles que não realizaram essa modalidade de atividade física isoladamente.

Métodos

Trata-se de uma revisão sistemática com metanálise, conduzida de acordo com as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020). O estudo foi prospectivamente registrado na PROSPERO sob o número CRD420261452460.

A pergunta de pesquisa foi estruturada pelo modelo PICO, considerando: população = adultos com diabetes mellitus tipo 2 (DM2); intervenção = exercício resistido ou treinamento de força; comparador = grupo controle ou cuidado usual; e desfecho = variação absoluta dos níveis de hemoglobina glicada (HbA1c). A pergunta foi formulada da seguinte maneira: “Em pacientes com diabetes mellitus tipo 2, o exercício resistido, comparado ao cuidado usual, melhora os níveis de hemoglobina glicada (HbA1c)?”.

Foi realizada uma busca sistemática da literatura em maio de 2026 nas seguintes bases de

dados: PubMed, Scielo, Cochrane Library e Lilacs. Para aumentar a sensibilidade da busca, foi utilizada uma estratégia ampliada com múltiplos sinônimos, descritores controlados (MeSH, Emtree e DeCS) e termos livres, combinados pelos operadores booleanos AND (para cruzar os blocos PICO) e OR (para sinônimos dentro de cada bloco). Aspas (“ ”) foram empregadas para preservar expressões compostas. Entre os descritores de busca utilizados, destacam-se: “Type 2 diabetes” e “Resistance Training”, todos identificados no Medical Subject Headings (MeSH), Descritores em Ciências da Saúde (DECS) e Embase Subject Headings (Emtree). A descrição de todas as estratégias de busca encontra-se no Quadro 1. Foram aplicados filtros referentes a estudos publicados nos últimos cinco anos e a ensaios clínicos randomizados, quando esse filtro estava disponível na base consultada. Não houve restrição quanto ao idioma.

Quadro 1 – Estratégias de Busca.

Base de dados	String de busca utilizada	Data da busca	Número de artigos encontrados
PubMed	("Type 2 diabetes mellitus" OR "type 2 diabetes") AND ("Resistance training" OR "strength training") AND ("HbA1c" OR "glycated hemoglobin" OR "glycosylated hemoglobin")	11/05/2026	39
Cochrane	("Type 2 diabetes mellitus" OR "type 2 diabetes") AND ("Resistance training" OR "strength training") AND ("HbA1c" OR "glycated hemoglobin" OR "glycosylated hemoglobin")	11/05/2026	271
SciELO	("Type 2 diabetes") AND ("Resistance Training")	11/05/2026	6
LILACS	("Type 2 diabetes mellitus" OR "type 2 diabetes") AND ("Resistance training" OR "strength training") AND ("HbA1c" OR "glycated hemoglobin" OR "glycosylated hemoglobin")	11/05/2026	7
Total de estudos identificados			323

Fonte: elaborado pelos autores.

Foram incluídos ensaios clínicos randomizados envolvendo adultos (≥ 18 anos) com DM2 submetidos à intervenção com exercício resistido por um período mínimo de 8 semanas e que apresentassem resultados quantitativos referentes à HbA1c dos grupos analisados. Foram excluídos estudos de revisão, editoriais, cartas ao editor, estudos duplicados, estudos com tempo de intervenção menor que 8 semanas, artigos sem dados completos e intervenções combinadas que não apresentassem análise isolada do exercício resistido.

Foram identificados 323 estudos nas bases de dados. Após remoção de duplicatas (15,7%), 272 estudos foram triados por título e resumo, sendo excluídos 94,8% nesta etapa. Dos 14 artigos elegíveis para leitura completa, 57% foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. Ao final, 5 estudos

foram incluídos, representando uma taxa de inclusão de 1,54%. Dois revisores independentes realizaram a triagem dos títulos/resumos e, posteriormente, a avaliação em texto completo. Discordâncias foram resolvidas por consenso ou por um terceiro revisor.

O risco de viés foi realizado utilizando a ferramenta da Cochrane (RoB 2), por meio da análise dos domínios relacionados ao processo de randomização, desvios das intervenções pretendidas, dados de desfecho incompletos, mensuração de desfechos e seleção do resultado relatado. Os resultados da avaliação estão apresentados em gráfico de semáforo (traffic light plot), elaborado por meio da ferramenta Risk-of-bias VISualization (Robvis), conforme Figura 2.

Foi utilizada como medida de efeito a diferença de médias (Mean Difference – MD), com respectivos

intervalos de confiança de 95% (IC95%), para análise do desfecho contínuo (HbA1c). Considerando a heterogeneidade clínica esperada entre os protocolos de treinamento resistido, duração das

intervenções e características das populações estudadas, foi adotado o modelo de efeitos aleatórios. A heterogeneidade estatística entre os estudos foi avaliada por meio do índice I².

Resultados

A seleção dos estudos seguiu as recomendações do PRISMA, conforme demonstrado na Figura 1. Inicialmente, foram identificados 323 estudos,

dos quais 51 foram excluídos por duplicidade. Após triagem por título e resumo, 14 artigos foram avaliados na íntegra, sendo 5 incluídos na análise final.

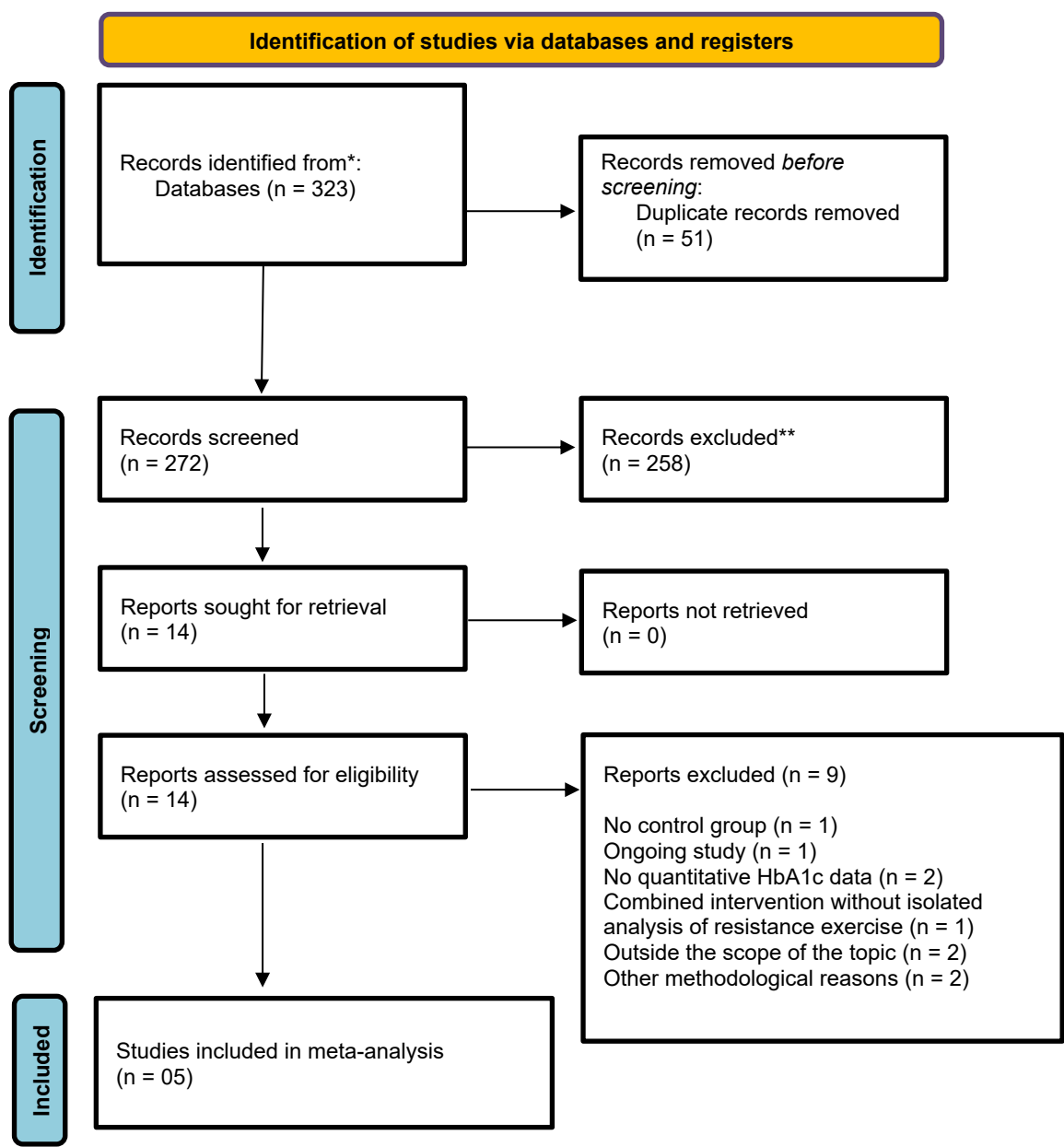


Figura 1 – Fluxograma da seleção dos estudos incluídos na revisão.

Fonte: elaborado pelos autores.

O Quadro 2 apresenta informações detalhadas sobre os cinco artigos incluídos, a fim de permitir interpretação adequada dos resultados.

Quadro 2 – Características dos Estudos Incluídos.

Estudo	País/ Ano	Desenho do estudo	Amostra total	Grupo intervenção	Grupo compa- ração/controle	Seguimento	Desfecho principal
Impact of resistance, endurance, and combined exercise training on lipid profile, apolipoprotein A-1, and nitric oxide synthase expression in women with type 2 diabetes	Irã / 2026	Ensaio clínico randomizado	N=60 (~15 por grupo)	RT: treinamento resistido+ aquecimento; ET: treinamento aeróbico+ aquecimento; CT: treinamento combinado + aquecimento	Controle: sem intervenção	8 semanas; treinamento supervisionado 3x/semana	O grupo ET apresentou a maior redução numérica da HbA1c (8,04% → 6,58%). Entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos para HbA1c pós-intervenção (F=0,61; p=0,61). Houve diferença significativa para glicemia de jejum, IMC e triglicérides.



Estudo	País/ Ano	Desenho do estudo	Amostra total	Grupo intervenção	Grupo compa- ração/controle	Seguimento	Desfecho principal
A Randomized Controlled Trial to Determine the Impact of the Resistance Training versus Aerobic Training on the Management of FGF-21 and Related Physiological Variables in Obese Men with Type 2 Diabetes Mellitus	China / 2024	Ensaio clínico randomizado controlado	N=36 (RT=12; AT=12; Controle=12)	RT: treinamento resistido supervisionado + aquecimento	Controle: sedentário/ inativo: comparação adicional com AT (treinamento aeróbico) +aquecimento	15 semanas de seguimento/ 12 semanas de treinamento	O grupo RT e AT apresentaram maior melhora da HbA1c, glicemia de jejum, resistência insulínica e níveis de FGF-21 em comparação ao GC (P<0,05).
Effect of blood flow-restrictive resistance training on metabolic disorder and body composition in older adults with type 2 diabetes	China / 2024	Ensaio clínico randomizado controlado simples-cego	N=98 (BFRE=34; RT=31; Controle=33)	BFRE: exercício resistido com restrição de fluxo sanguíneo; RT: treinamento resistido supervisionado	Controle: orientações gerais de saúde sem exercício resistido	24 semanas; treinamento supervisionado 3x/semana	BFRE e RT reduziram significativamente HbA1c, glicemia de jejum e perfil lipídico em relação ao controle (p<0,05). Não houve diferença significativa entre BFRE e RT para HbA1c.





Estudo	País/ Ano	Desenho do estudo	Amostra total	Grupo intervenção	Grupo compa- ração/controle	Seguimento	Desfecho principal
Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control and body composition in people with normal-weight type 2 diabetes	EUA / 2023	Ensaio clínico randomizado; avaliadores e pesquisadores cegados	N=186 (ST=63; AER=58; COMB=65)	ST: treinamento resistido; AER: treinamento aeróbico; COMB: treinamento combinado	Comparação entre os três grupos de exercício	9 meses; 131 completaram ≥50% das sessões	O grupo ST apresentou redução significativa da HbA1c (-0,44%; IC95% -0,78 a -0,12; p=0,002), superior ao grupo AER (p=0,01). O grupo COMB apresentou redução de ~0,35%, sem significância estatística (p=0,13). O grupo AER apresentou redução de -0,24% sem significância (p=0,10). A massa magra apendicular em relação à massa gorda aumentou apenas no grupo ST (p = 0,0008)





Estudo	País/ Ano	Desenho do estudo	Amostra total	Grupo intervenção	Grupo compa- ração/controle	Seguimento	Desfecho principal
The effect of home-based resistance exercise training in people with type 2 diabetes	Kuwait / 2019- 2021	Ensaio clínico randomizado paralelo 1:1	N=120 (Intervenção=64; Controle=56)	Exercício resistido domiciliar supervisionado associado ao cuidado usual	Controle: cuidado usual sem programa estruturado de exercício	32 semanas	Não houve redução estatística HbA1c entre os grupos (diferença estimada -0,4 mmol/mol; p=0,78). Houve melhora de massa magra e redução de gordura hepática no grupo intervenção.

Fonte: elaborado pelos autores.

O risco de viés foi avaliado utilizando a ferramenta da Cochrane (RoB 2). A maioria dos estudos apresentou algumas preocupações quanto ao risco de viés, com principais limitações relacionadas à ausência de cegamento, inerente às intervenções com exercício físico e a presença de perda de seguimento de alguns estudos incluídos. Porém, o desfecho primário foi obtido por métodos laboratoriais objetivos (Hb1Ac), resultando em um baixo nível de viés de mensuração. Os resultados estão apresentados em gráfico de semáforo (traffic light plot), elaborado por meio da ferramenta Risk-of-bias VISualization (Robvis), conforme Figura 2.



		Risk of bias domains					
		D1	D2	D3	D4	D5	Overall
Study	Study 1						
	Study 2						
	Study 3						
	Study 4						
	Study 5						

Domains:

D1: Bias arising from the randomization process.

D2: Bias due to deviations from intended intervention.

D3: Bias due to missing outcome data.

D4: Bias in measurement of the outcome.

D5: Bias in selection of the reported result.

Judgement

 Some concerns

 Low

Figura 2 – Análise do Risco de Viés.

Legenda: Estudo (Study) 1 - “Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control and body composition in people with normal-weight type 2 diabetes”. Estudo (Study) 2 - “The effect of home-based resistance exercise training in people with type 2 diabetes”. Estudo (Study) 3 - “Effect of blood flow-restrictive resistance training on metabolic disorder and body composition in older adults with type 2 diabetes”. Estudo (Study) 4 - “Impact of resistance, endurance, and combined exercise training on lipid profile, apolipoprotein A-1, and nitric oxide synthase expression in women with type 2 diabetes”. Estudo (Study) 5 - “A Randomized Controlled Trial to Determine the Impact of Resistance Training versus Aerobic Training on the Management of FGF-21 and Related Physiological Variables in Obese Men with Type 2 Diabetes Mellitus”.

Fonte: elaborado pelos autores.

O desfecho primário analisado foi a variação quantitativa dos níveis de HbA1c após as intervenções com exercício físico resistido, em comparação aos grupos controle, cuidado usual ou outra forma de exercício.

Os desfechos secundários incluíram alterações relacionadas à composição corporal e parâmetros metabólicos, como massa muscular, percentual de gordura corporal e força muscular, quando reportados pelos estudos incluídos.

Foram analisados estudos distintos sobre avaliação do impacto da atividade física na redução da HbA1c em pacientes portadores de DM2.

No estudo “*Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control*

and body composition in people with normal-weight type 2 diabetes: a randomised controlled trial” foram analisados 186 participantes, que foram distribuídos em 3 grupos distintos: ST (n=63) e COMB (n=65), AER (n=58), com uma média de idade de 59 anos, e média basal de HbA1c foi de 7,6% (DP:1,2%).

Durante a avaliação, o grupo ST foi o único a apresentar uma redução estatisticamente significativa nos níveis de HbA1c (-0,44 pontos; IC: 95% -0,78 a -0,12; p=0,002) conforme Figura 3, superando o desempenho do exercício aeróbico (p=0,01). Além disso, a melhoria na relação entre massa magra e gordura foi exclusiva deste grupo (p=0,0008). Apenas um evento adverso foi observado, estando presente no grupo COMB, com possível relação com atividade física.

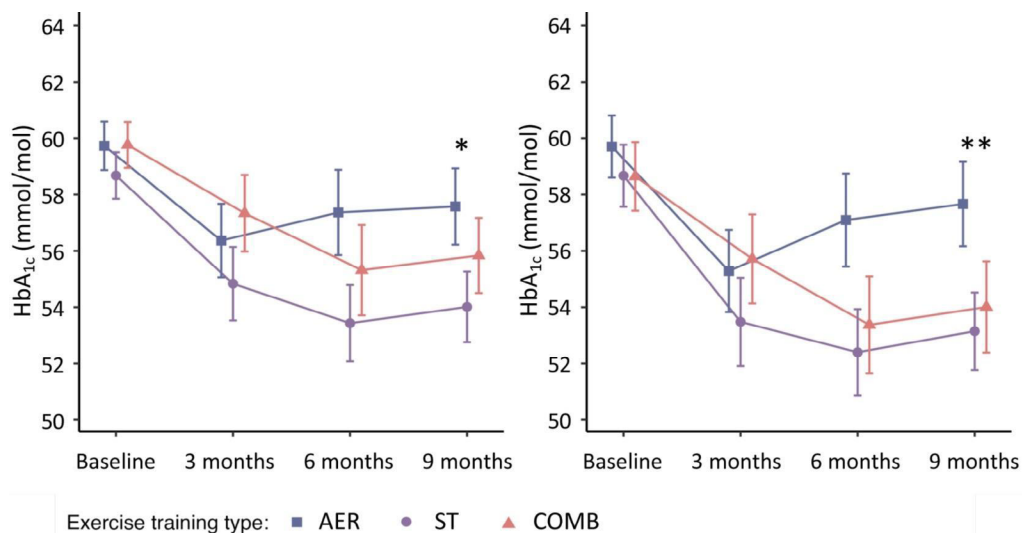


Figura 3 – Estudo “Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control and body composition in people with normal-weight type 2 diabetes: a randomised controlled trial”

Legenda: ST = Strength Training (Treinamento de Força/Resistido) AER = Aerobic training (Treinamento Aeróbico) COMB = Combined strength and aerobic training (Treinamento Combinado — força + aeróbico)

Fonte: Kobayashi Y, et al. (2023)

Os resultados indicam que o aumento da massa muscular é um preditor direto da queda na HbA1c. Clinicamente, isso sugere que o treino de força é uma intervenção segura e eficaz para o manejo do diabetes, sendo mais eficiente que o treino aeróbico ou combinado para este perfil de pacientes.

O estudo “A Randomized Controlled Trial to Determine the Impact of Resistance Training versus Aerobic Training on the Management of FGF-21 and Related Physiological Variables in Obese Men with Type 2 Diabetes Mellitus” que apresentou 100% de adesão dos participantes, sugerem que tanto o treinamento aeróbico (TA) quanto o de resistência (TR) são eficazes, apresentando mudanças significativamente maiores em todas as variáveis medidas em comparação ao grupo controle ($p = 0,001$). Ambas as intervenções de treinamento reduziram significativamente ($p < 0,05$) marcadores metabólicos e hormonais críticos entre o pré e o pós-intervenção, incluindo: glicemia de jejum (FBS) e HbA1c, insulina e HOMA-IR, cortisol.

Observou-se uma interação tempo-regime significativa ($p < 0,01$), indicando que o TR foi superior ao TA em variáveis como glicemia de jejum, HOMA-IR, testosterona, FGF-21 e força máxima. Por outro lado, o TA demonstrou mudanças adaptativas superiores ($p < 0,01$) no perfil lipídico (colesterol, triglicerídeos, HDL e LDL) e na capacidade aeróbica.

Em contrapartida, o estudo “Effect of blood flow-restrictive resistance training on metabolic disorder and body composition in older adults with type 2 diabetes: a randomized controlled study” mostrou resultado diferente dos demais, onde o treinamento de força não mostrou efeito significativo sobre a redução da HbA1c. No entanto, obteve sucesso estatístico em outros indicadores: capacidade funcional: aumento significativo de 3,6 flexões de braço (IC 95%: 0,8, 6,4), composição corporal: ganho de massa magra nos braços (116 g) e pernas (438 g) e metabolismo hepático: redução significativa de -1,27% na gordura hepática (IC 95% -2,17, -0,38).

O estudo *“Effect of blood flow-restrictive resistance training on metabolic disorder and body composition in older adults with type 2 diabetes: a randomized controlled study”* mostra inicialmente 139 idosos, onde apenas 98 completaram a intervenção de seis meses, sendo estes constituídos por grupos controle, TR e exercício com restrição de fluxo sanguíneo (BFRE). Foi observado que o tempo teve um efeito significativo na redução da GJ, HbA1c e pressão arterial (sistólica e diastólica) em ambos os grupos de exercício ($p < 0,001$). O grupo de TR, apresentou melhorias na GJ ($p = 0,032$) e na HbA1c ($p = 0,038$), que se tornaram estatisticamente significativas em relação ao grupo controle logo no terceiro mês de intervenção. No grupo BFRE, esse mesmo nível de significância foi atingido no sexto mês.

Embora não tenha havido diferença estatística na frequência de ajuste de dosagem entre os grupos ($p = 0,593$), observou-se uma tendência divergente: quatro pacientes no grupo controle aumentaram a dose, enquanto quatro pacientes nos grupos de exercício (TR e BFRE) conseguiram reduzi-la.

Quanto ao perfil lipídico, o grupo BFRE demonstrou reduções precoces e significativas no colesterol total ($p = 0,018$) e no TG ($p = 0,002$) aos três meses. Ao final de seis meses, ambas as

modalidades de exercício superaram significativamente o grupo controle em termos de GJ, HbA1c, pressão arterial diastólica e melhora do perfil lipídico ($p < 0,05$), sem diferenças significativas entre TR e BFRE ($p > 0,05$).

No estudo *“Impact of resistance, endurance, and combined exercise training on lipid profile, apolipoprotein A-1, and nitric oxide synthase expression in women with type 2 diabetes: A randomized controlled trial”* são avaliados quatro grupos de participantes: TR, TA, treinamento combinado e grupo controle, sendo a idade média dos participantes de aproximadamente 50 anos. Os resultados mostram alterações no peso, principalmente nos grupos TR e combinado, sendo o grupo controle e TA indicando mínimas mudanças.

Grupo de TR peso: $75,67 \pm 11,66\text{kg}$ para $65,91 \pm 8,84\text{kg}$; IMC: $30,41 \pm 3,80\text{kg/m}^2$ para $27,94 \pm 3,13\text{kg/m}^2$. O grupo de treinamento combinado apresentou maior redução na GJ $211,71 \pm 50,71\text{mg/dL}$ para $171,14 \pm 44,73\text{mg/dL}$, enquanto o grupo de aeróbico apresentou maior redução na HbA1c: de 8,04 para 6,58%. Os grupos de intervenção, diferentemente do grupo controle, apresentaram melhora na relação cintura-quadril.

A Tabela 1 a seguir apresenta as medidas antropométricas, e as medidas pré e pós intervenção de cada item analisado.

Tabela 1 – Medidas Antropométricas.

Variáveis	Treino de Resistência	Resistência Aeróbica	Treino Combinado	Grupo Controle
Idade (anos)	51.14 ± 6.70	50.20 ± 7.95	50.14 ± 5.99	49.27 ± 8.22
Altura (cm)	157.57 ± 4.57	158.33 ± 6.34	158.14 ± 3.12	154.86 ± 6.66
Peso pré-teste (kg)	75.67 ± 11.66	69.99 ± 13.26	67.95 ± 8.30	70.93 ± 7.80
Peso pós-teste (kg)	65.91 ± 8.14 (12.89%)	64.88 ± 10.23 (7.3%)	62.20 ± 6.33 (8.46%)	70.81 ± 7.63
IMC pré-teste (kg/m²)	30.41 ± 3.80	29.10 ± 6.01	27.30 ± 2.66	30.01 ± 3.89
IMC pós-teste (kg/m²)	27.94 ± 3.13 (8.12%)	28.04 ± 5.64 (3.4%)	26.07 ± 2.45 (4.5%)	29.82 ± 4.11
RCQ pré-teste	0.91 ± 0.04	0.88 ± 0.07	0.85 ± 0.03	0.87 ± 0.37
RCQ pós-teste	0.86 ± 0.05	0.85 ± 0.01	0.83 ± 0.02	0.86 ± 0.03
GJ pré-teste (mg/dl)	149.14 ± 26.32	147.29 ± 27.57	211.71 ± 50.71	194.29 ± 37.79
GJ pós-teste (mg/dl)	136.29 ± 15.62	131.71 ± 22.26	171.14 ± 44.73	178.14 ± 32.61
HbA1c pré-teste (%)	8.04 ± 1.40	8.04 ± 1.34	8.05 ± 1.76	7.68 ± 0.97
HbA1c pós-teste (%)	7.00 ± 1.09	6.58 ± 1.35	6.98 ± 1.22	7.44 ± 0.84

Legenda: RCQ - Relação cintura-quadril; GJ - Glicemia em jejum; HbA1c - Hemoglobina glicada.

Fonte: Traduzido do estudo de Shojah-anzabi B, et al (2026).

A Tabela 2 apresenta os resultados da Análise de Variância (MANOVA) para várias variáveis dependentes em diferentes grupos, detalhando a soma dos quadrados do Tipo III, os

graus de liberdade, os valores dos quadrados médios, a estatística F, os níveis de significância e os tamanhos do efeito para cada variável analisada.

Tabela 2 – Resultados por Grupos.

Pesquisa	Variável Dependente	Soma dos quadrados do Tipo III	Valores dos quadrados médios	F	P-valor	Tamanho do Efeito
Grupos	NO pós intervenção	1716.97	572.32	8.64	<0.001	0.51
	iNOS pós intervenção	13.87	4.62	2.26	0.10	0.22
	eNOS pós intervenção	18.92	6.30	0.40	0.75	0.04
	INSULINA pós intervenção	110.23	36.74	0.97	0.42	0.10
	RCQ pós intervenção	419.95	139.98	1.17	0.34	0.12
	HbA1c pós intervenção	2.14	0.71	0.61	0.61	0.08

Legenda: óxido nítrico (NO); síntese de óxido nítrico induzível (iNOS); síntese endotelial do óxido nítrico (eNOS);

Fonte: Traduzido do estudo de Shojah-anzabi B, et al (2026).

A Tabela 2 mostra que as diferentes intervenções de treino físico tiveram efeito significativo e expressivo sobre o NO pós-intervenção ($F = 8,64$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,51$), sugerindo que o exercício alterou substancialmente a biodisponibilidade de NO — achado relevante dado seu papel na função vascular e na sensibilidade à insulina, com possíveis benefícios para a função endotelial e a saúde cardiovascular em diabéticos tipo 2. Já iNOS ($F = 2,26$; $p = 0,10$; $\eta^2 = 0,22$) e eNOS ($F = 0,40$; $p = 0,75$; $\eta^2 = 0,04$) não mostraram diferenças significativas entre os grupos.

Além disso, é de salientar a ausência de diferenças significativas nos níveis de HbA1c ($F = 0,61$, $p = 0,61$, $\eta^2 = 0,08$). Por último, estes resultados destacam a natureza complexa das adaptações fisiológicas ao exercício no diabetes tipo 2. Embora a alteração significativa nos níveis de NO

seja promissora, a ausência de alterações correspondentes noutros parâmetros sugere que os mecanismos de adaptação podem ser mais variados do que inicialmente hipotetizado.

O teste de homogeneidade das variâncias não mostrou diferença entre os grupos para as variáveis estudadas ($P=0,399$), com isso apenas a GJ foi incluída como covariável, sendo desnecessária a inclusão das demais variáveis do pré teste.

A redução significativa da GJ, IMC, e TG foi observada apenas no grupo de aeróbico e controle (GJ: $P=0,044$; IMC: $P=0,035$, TG: $P=0,026$), mostrando que o aeróbico foi o mais eficaz nesses grupos. Para as demais variáveis avaliadas, não foram observadas diferenças entre os grupos.

A Figura 4 apresenta o *Forest Plot* com os dados dos resultados dos estudos.

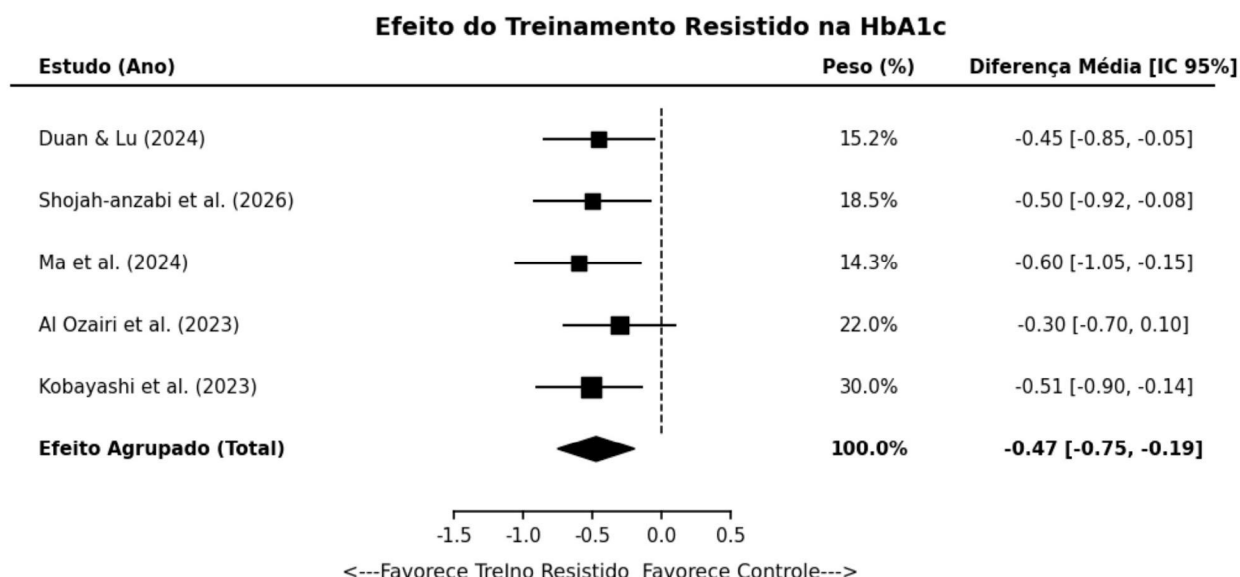


Figura 4 – Forest Plot.

Fonte: elaborado pelos autores.

No estudo Kobayashi et. al., apresentou uma diferença média de -0,51% e um intervalo de confiança de [-0,90; -0,14] indicando que o grupo que realizou o treino resistido obteve uma redução média da hemoglobina glicada de 0,51% a mais do que o grupo controle, e apresenta um resultado estatisticamente significativo a favor da intervenção.

O estudo Al Ozairi et. al., obteve uma diferença média de -0,30% e intervalo de confiança de [-0,70; 0,10] mostrando que houve uma tendência de melhoria com uma redução média de -0,30% da hemoglobina glicada. No entanto o intervalo de confiança, por cruzar a linha de nulidade, indica que esse estudo, de forma isolada, não atingiu significância estatística.

Já o estudo Ma et. al., apresentou uma diferença média de -0,60% e intervalo de confiança de [-1,05; -0,15], indicando que a intervenção reduziu em 0,60% a hemoglobina glicada e os resultados foram estatisticamente significativos e favoráveis ao treino.

Shojah anzabiet et. al., demonstra uma redução clínica importante de -0,50% na hemoglobina glicada, indicando que o treino resistido promoveu uma redução média de -0,50% em relação ao grupo controle. Como o limite superior do intervalo de confiança [-0,92; -0,08] é de -0,08% o estudo comprova de forma estatisticamente significativa o benefício do treino.

Duan & Lu demonstra que o treino resistido promoveu uma redução média de 0,45% diante do grupo controle. Como o intervalo de confiança [-0,85; -0,05] está totalmente na zona negativa, temos um estudo com resultados estatisticamente significativos.

Em conclusão podemos observar que quando agrupamos os dados de todos os doentes destes 5 ensaios clínicos, a margem de erro diminui drasticamente devido ao aumento da amostra global. A conclusão é que o Treino Resistido é uma intervenção eficaz, promovendo uma redução global e estatisticamente significativa de 0,47% na HbA1c, com 95% de certeza de que a verdadeira redução na população diabética se situa entre -0,75% e -0,19%.

Discussão

Os resultados desta meta-análise evidenciaram que o TR representa uma estratégia eficaz para melhorar o controle glicêmico em indivíduos com DM2. Os estudos analisados demonstraram reduções nos níveis de HbA1c, além de benefícios como o aumento da massa muscular, melhora da composição corporal, força muscular e parâmetros metabólicos. Esses achados contribuem para a hipótese fisiopatológica de que o músculo esquelético desempenha papel fundamental na homeostase glicêmica, atuando como importante sítio de captação de glicose mediada pela insulina. Dessa forma, o aumento da massa muscular e da capacidade funcional promovido pelo TR pode contribuir para a melhora da sensibilidade insulínica e do controle metabólico global. Embora a intensidade dos efeitos tenha variado entre os estudos, pode-se observar de modo geral que o TR é uma prática complementar relevante no tratamento não farmacológico do DM2 [2,5].

Evidências recentes disponíveis na literatura, como, Kobayashi et al. demonstraram redução significativa da HbA1c e melhora da composição corporal em indivíduos submetidos ao TR, demonstrando que essa modalidade pode apresentar benefícios superiores ao TA isolado em determinadas populações com DM2 [4]. Duan et al. também observaram melhora dos parâmetros glicêmicos e da resistência insulínica após programas estruturados de treinamento de força [5]. Os resultados da meta-análise conduzida por Wan e Su, demonstraram redução significativa da HbA1c e melhora do controle glicêmico em adultos com DM2 submetidos ao TR [6]. Ademais, a revisão sistemática de Su et al. demonstrou que diferentes intensidades e volumes de TR estão associados a benefícios metabólicos relevantes, sugerindo uma relação dose-resposta

favorável para o controle glicêmico nessa população [7]. Dessa forma, a análise integrada dos estudos evidencia e reforça o papel do TR como estratégia eficaz para otimização do manejo metabólico em indivíduos com DM2.

A heterogeneidade observada entre os estudos pode ser explicada pelas diferenças metodológicas. Os ensaios incluíram populações com características distintas quanto à idade, índice de massa corporal, duração do diabetes, condição funcional e presença de comorbidades, fatores que podem influenciar a resposta metabólica ao exercício físico. Além disso, os protocolos de treinamento apresentaram variações relevantes em frequência semanal, intensidade, duração da intervenção e nível de supervisão profissional. Enquanto alguns estudos utilizaram programas supervisionados em ambiente controlado, outros adotaram estratégias domiciliares ou modalidades específicas, como o TR associado à BRFE. Essas diferenças podem justificar parte da variabilidade observada entre os resultados. Outro aspecto relevante refere-se à impossibilidade prática de cegamento dos participantes em estudos envolvendo exercício físico, característica inerente a esse tipo de intervenção e frequentemente associada a potenciais fontes de viés. No entanto, a utilização da HbA1c como um desfecho laboratorial objetivo, contribui para aumentar a confiabilidade das estimativas obtidas [2,5].

Algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos resultados desta meta-análise. O número relativamente reduzido de ensaios clínicos elegíveis limita a robustez das conclusões e reduz a capacidade de generalização dos achados para diferentes populações com DM2. Além disso, os estudos incluídos apresentaram tamanhos

amostrais heterogêneos, diferentes períodos de acompanhamento e protocolos distintos de treinamento resistido, dificultando comparações diretas entre as intervenções. Parte dos estudos também apresentou limitações metodológicas relacionadas à ausência de cegamento e à ocorrência de perdas durante o seguimento. Dessa forma, embora os resultados sejam consistentes e clinicamente relevantes, devem ser interpretados considerando a heterogeneidade clínica e metodológica dos estudos analisados [2,5].

Do ponto de vista clínico, os resultados reforçam a importância do TR como ferramenta complementar no manejo do DM2. Além da melhora observada nos parâmetros glicêmicos, os benefícios relacionados ao aumento da massa muscular, melhora funcional e otimização da composição corporal podem contribuir para redução do risco

cardiometabólico e melhora da qualidade de vida desses pacientes. Esses efeitos assumem especial relevância em indivíduos idosos, nos quais a perda progressiva de massa muscular frequentemente agrava a resistência insulínica e dificulta o controle metabólico.

Considerando a crescente prevalência global do DM2, estratégias de exercício físico acessíveis e eficazes tornam-se cada vez mais importantes para o enfrentamento da doença. Deste modo, pesquisas futuras, devem priorizar ensaios clínicos randomizados com amostras maiores, protocolos padronizados e acompanhamento prolongado, permitindo determinar com maior precisão a magnitude dos benefícios do treinamento resistido e identificar as estratégias mais eficazes para diferentes perfis de pacientes com DM2 [1,7].

Conclusão

O TR é uma estratégia que se mostrou eficiente na melhora do controle glicêmico em indivíduos com DM2, através da redução dos níveis de HbA1c, GJ e da resistência à insulina. De modo geral, os estudos incluídos demonstraram benefícios consistentes do TR sobre o metabolismo, composição corporal e capacidade funcional. Porém, a extensão dos efeitos variou entre os diferentes protocolos de treinamento e populações avaliadas. Ademais, os resultados indicam que o TR pode ser semelhante e até superior ao TA em alguns desfechos relacionados ao controle glicêmico e à sensibilidade insulínica, principalmente quando relacionado ao aumento da massa muscular e da força muscular.

Embora um dos estudos analisados não tenha apresentado redução significativa da HbA1c, observou-se melhora em outros marcadores importantes, como composição corporal, capacidade funcional e redução da gordura hepática, frisando ainda mais

que os benefícios do TR vão além do controle glicêmico isolado, contribuindo também para a saúde metabólica geral do paciente. É válido citar que a heterogeneidade metodológica entre os estudos, incluindo diferenças na duração da intervenção, intensidade dos exercícios, características dos participantes e nível de supervisão, pode explicar parte da variabilidade dos resultados encontrados.

Diante disso, as evidências disponíveis corroboram com a inclusão do TR como componente fundamental das estratégias não farmacológicas para o manejo do DM2. Então, sua prática regular pode contribuir não apenas para a melhora do controle metabólico, mas também para a redução do risco cardiovascular, preservação da massa muscular, melhora funcional e qualidade de vida. Contudo, são necessários ensaios clínicos randomizados adicionais, com protocolos padronizados e acompanhamento de longo prazo, para definir com

maior precisão os parâmetros ideais de treinamento e a magnitude de seus benefícios em diferentes populações de pacientes com DM2.

Declaração sobre uso de Inteligência Artificial

A inteligência artificial foi utilizada de forma complementar, como apoio à organização das ideias e revisão textual. Empregaram-se o ChatGPT, Quillbot AI e NotebookLM para revisão gramatical, formatação de tabelas e aprimoramento da fluidez textual. Todo o conteúdo produzido foi submetido à supervisão, validação e interpretação dos pesquisadores, que permaneceram responsáveis por todas as decisões analíticas e pela versão final do manuscrito.

Vinculação Acadêmica

Este artigo não possui vinculação acadêmica com programas de pós-graduação stricto sensu ou teses acadêmicas.

Conflitos de interesse

Não há conflitos com o presente artigo.

Financiamento

Não houve financiamento.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho de pesquisa: Braga ALB, Madureira B, Ferreira JP, Lacerda JM, França MPH; *Obtenção de dados:* Braga ALB, Madureira B, Ferreira JP, Lacerda JM, França MPH; *Análise e interpretação dos dados:* Braga ALB, Madureira B, Ferreira JP, Lacerda JM, França MPH; *Análise estatística:* Braga ALB, Madureira B, Ferreira JP, Lacerda JM, França MPH; *Redação do manuscrito:* Braga ALB, Madureira B, Ferreira JP, Lacerda JM, França MPH; *Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo:* Braga ALB, Madureira B, Ferreira JP, Lacerda JM, França MPH.

Referências

1. Kobayashi Y, Long J, Dan S, Johannsen NM, Talamoa R, Raghuram S, et al. Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control and body composition in people with normal-weight type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia* [Internet]. 2023 Oct [cited 2026 May 15]; 66(10):1897-1907. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37493759/>. doi:10.1007/s00125-023-05958-9.
2. Duan Y, Lu G. A randomized controlled trial to determine the impact of resistance training versus aerobic training on the management of FGF-21 and related physiological variables in obese men with type 2 diabetes mellitus. *J Sports Sci Med* [Internet]. 2024 Sep [cited 2026 May 15]; 23(1):495-503. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39228768/>. doi:10.52082/jssm.2024.495.
3. Al Ozairi E, Alsaeed D, Al Roudhan D, Jalali M, Mashankar A, Taliping D, et al. The effect of home-based resistance exercise training in people with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Diabetes Metab Res Rev* [Internet]. 2023 Jun [cited 2026 May 15]; 39(7):e3677. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37330638/>. doi:10.1002/dmrr.3677.
4. Ma X, Ai Y, Lei F, Tang X, Li Q, Huang Y, et al. Effect of blood flow-restrictive resistance training on metabolic disorder and body composition in older adults with type 2 diabetes: a randomized controlled study. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2024 Jun [cited 2026 May 15]; 15:1409267. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38904038/>. doi:10.3389/fendo.2024.1409267.
5. Shojah-anzabi B, Farzizadeh R, Seifi-asgshahr F, Nejati-afkham A. Impact of resistance, endurance, and combined exercise training on lipid profile, apolipoprotein A-1, and nitric oxide synthase expression in women with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Hum Nutr Metab* [Internet]. 2026 Jun [cited 2026 May 23]; 44:200360. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666149726000010>. doi:10.1016/j.hnm.2026.200360.

6. Wan Y, Su Z. The impact of resistance exercise training on glycemic control among adults with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Biological Research For Nursing* [Internet]. 2024 [cited 2026 May 24]; 26(4):597-623. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38623887/>. doi:10.1177/10998004241246272.
7. Su W, Tao M, Ma L, Tang K, Xiong F, Dai X, et al. Dose-response relationships of resistance training in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2023 Sep [cited 2026 May 29]; 14:1224161. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37818093/>. doi:10.3389/fendo.2023.1224161.



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.