

Artigo de Revisão

EFEITOS AGUDOS E CRÔNICOS DO EXERCÍCIO RESISTIDO NO CONTROLE GLICÊMICO EM INDIVÍDUOS COM DIABETES MELLITUS

Raquel de Souza Mairinck¹, Demetrius Pereira Baia¹, Nuno Manuel Frade de Sousa¹

RESUMO

Introdução: O treinamento resistido tem sido aceite e geralmente recomendado para o tratamento de diabetes mellitus do tipo 1 (DM1) e tipo 2 (DM2).

Objetivo: O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos agudos e crônicos do exercício resistido no controle glicêmico em indivíduos com diabetes mellitus.

Recomenda-se para pacientes com DM treinamento resistido três dias por semana e intensidade moderada a vigorosa, uma vez que pode apresentar ganhos ótimos de força e ação da insulina. Cada sessão de treinamento deve incluir cerca de 10 exercícios envolvendo os principais grupos musculares e elevado número de repetições em máquinas de resistência no início do treinamento, progredindo ao longo do tempo para o baixo número de repetições com carga mais intensa.

As respostas glicêmicas durante o exercício resistido apresentam aplicações práticas no controle da glicose para as pessoas com DM. Os pacientes que se apresentam com a glicemia descompensada devem realizar exercícios em intensidades leves a moderadas. Os indivíduos que se apresentam com a glicemia bem controlada podem realizar exercícios resistidos de intensidade vigorosa.

O exercício resistido diminui as concentrações de glicose no sangue a níveis menores do que o exercício aeróbio, transportando um menor risco de hipoglicemia induzida pelo exercício

Palavras chave: Musculação, glicose, adaptações.

ABSTRACT

Introduction: Resistance training has been accepted and generally recommended for the management of type 1 and 2 diabetes mellitus.

Objective: The aim of this study was to analyze the acute and chronic effects of resistance exercise on glycemic control in subjects with diabetes mellitus.

The major resistance exercise recommendations for patients with diabetes mellitus are that the training should be performed three days weekly and moderate to vigorous intensity for optimal gains in strength and insulin action. Each training session should include approximately 10 exercises involving the major muscle groups and completion of high number of repetitions in resistance machines early in training, progressing over time to low number of repetitions with heavier free weights.

The blood glucose responses during resistance exercise have practical applications on glycemic control for individuals with diabetes mellitus. Patients who present with unbalanced blood glucose should perform low-to-moderate intensity resistance exercise. Conversely, individuals who present with well-controlled blood glucose may be able to perform vigorous intensity resistance exercise.

Resistance exercise lowers blood glucose concentrations to a smaller extent than aerobic exercise, carrying a lower risk of exercise-induced hypoglycemia

Keywords: Strength training, glucose, adaptations.

1. Faculdade Estácio de Sá de Vitória, ES, Brasil

Endereço para correspondência

Rua Herwan Modenesi Wanderlei,
Quadra 6, Lote 1
29090-350 Jardim Camburi, Vitória,
ES

E-mail

raquel.mairinck@ig.com.br

Submetido em 20/02/2013

Aceito em 01/03/2013

INTRODUÇÃO

O treinamento resistido tem sido aceite e geralmente recomendado para o tratamento de diabetes mellitus do tipo 1 (DM1) e tipo 2 (DM2) e, também para a melhoria da qualidade de vida desse tipo de indivíduos [1-4]. Assim como outros tipos de exercícios, o treinamento resistido é um tipo de treinamento eficaz para alcançar e manter os níveis ideais de glicose no sangue e para prevenir ou retardar as complicações crônicas, objetivos fundamentais para o tratamento em pacientes com diabetes mellitus (DM) [5]. O efeito direto do exercício resistido no controle glicêmico se dá mediante a captação normal de glicose no sangue durante trabalho muscular, mesmo quando a absorção de glicose mediada pela insulina está prejudicada (DM2) ou mesmo, na ausência de insulina (DM1). As contrações musculares realizadas durante o exercício resistido estimulam o transporte de glicose no sangue através da ativação da proteína quinase ativada por AMP (AMPK), um mecanismo independente e não mediado pela insulina [1]. Além disso, outros efeitos do treinamento resistido são comuns e desejáveis entre os dois tipos de DM, uns mais específicos para DM1 e outros para DM2. Um bom exemplo é o aumento da massa muscular esquelética, que é essencial para a DM1, uma vez que indivíduos com esta doença tem uma tendência para a perda de massa muscular. Por outro lado, a oxidação da gordura e perda de peso são mais importantes para os indivíduos com DM2, pois geralmente está associada com a obesidade e dislipidemia. No entanto, mesmo com alguma especificidade, a prescrição do treinamento resistido com o objetivo de controle da glicemia é similar em ambos os tipos de DM [1,3].

Com base em pesquisas já realizadas, o controle glicêmico com o uso de treinamento resistido pode ser alcançado por diferentes mecanismos de ação [1-4]. A tabela 1 resume os principais mecanismos de

ação do treinamento resistido para melhora do controle glicêmico.

A correta prescrição do treinamento resistido pode atingir todos os mecanismos acima descritos, melhorando o controle glicêmico e a qualidade de vida de indivíduos com DM. Embora o treinamento de força tenha efeitos benéficos sobre o controle glicêmico, os efeitos agudos do exercício resistido em pacientes com DM não têm sido suficientemente documentados, especialmente para DM1 [1, 2]. São escassas as evidências que sugerem que apenas uma sessão de exercício resistido em intensidades leves a moderadas é eficaz para o controle da glicose imediatamente após o exercício em indivíduos com DM2 [6, 7]. Entretanto, os efeitos crônicos do treinamento resistido sobre o DM têm sido bem documentados. Os benefícios incluem aumento da força e massa muscular, melhora do perfil lipídico, diminuição de dosagem de insulina e diminuição dos níveis de glicose sanguínea, resultando em uma diminuição nos níveis de hemoglobina glicosilada (HbA1c) para DM1 e DM2 [1-4, 8]. Por último, a realização de um programa de treinamento resistido apresenta maior custo-benefício em comparação com a ausência de programas de atividade física, resultando no aumento da expectativa da qualidade de vida de quem participa do programa [9].

Os próximos dois subtópicos descrevem os efeitos agudos e crônicos do exercício resistido sobre o controle glicêmico em pacientes com DM. É importante destacar que a maioria das evidências do exercício resistido e DM estão relacionados com a o tipo 2. No entanto, os efeitos comuns são também esperados para DM1

Tabela 1. Mecanismos de ação do treinamento resistido para melhora do controle glicêmico em pacientes com diabetes mellitus.

Mecanismo de ação	Características do treinamento resistido
Controle de massa gorda e lipídios O controle no perfil lipídico e a perda de peso melhora a resposta de insulina	Treinamento em circuito
Controle da massa muscular O aumento da massa muscular contribui para a captação de glicose do sangue e seu armazenamento	Hipertrofia muscular
Fluxo sanguíneo muscular insulino-estimulado A vasodilatação local durante o treinamento resistido amplifica a resposta de insulina	Resistência muscular local
Translocação e expressão da proteína transportadora de glicose-4 (GLUT-4) As contrações musculares estimulam a translocação da proteína GLUT4 não mediada pela insulina. As contrações musculares evitam a perda de GLUT4 e aumentam a expressão de proteínas GLUT4.	Treinamento em circuito Hipertrofia muscular e força Resistência muscular local
Sinalização e expressão da proteína receptora de insulina Após as contrações musculares ocorre o aumento da sinalização do GLUT4 pelo receptor de insulina. As contrações musculares evitam a perda de receptores de insulina e aumentam a sua expressão.	Treinamento em circuito Hipertrofia muscular e força Resistência muscular local
Angiogênese e densidade capilar O aumento da massa muscular é acompanhada por angiogênese e um aumento na densidade capilar, o que melhora a resposta de insulina.	Treinamento em circuito Hipertrofia muscular e força Resistência muscular local

Efeitos crônicos do treinamento resistido na diabetes mellitus

O treinamento resistido foi reconhecido como um procedimento terapêutico útil para DM apenas no século XXI, principalmente com grande número de evidências na prevenção e tratamento da DM2. Como descrito acima, os efeitos crônicos do treinamento resistido sobre a DM têm sido bem documentadas e incluem diferentes determinantes do controle glicêmico. Iniciaremos este tópico com os efeitos do treinamento resistido sobre a HbA1c, já que esta variável é o marcador-chave do controle glicêmico crônico ao longo dos últimos meses antes da medição. O treinamento resistido resulta em pequenas mas significantes melhorias na HbA1c e o tempo do programa tem um impacto direto sobre esses valores [10]. Snowling e Hopkins [10] mostraram que os programas de treinamento resistido superiores a 12 semanas resultam em uma redução de 0,8% na HbA1c, em comparação com apenas 0,4% para os programas com menor duração. Essas diminuições induzidas pelo treinamento são clinicamente significativas, pois a redução de 1% na HbA1c foi associada a uma diminuição de 37% no risco de complicações microvasculares e de 21% de morte associada com derrame, enfarto agudo do miocárdio e outras doenças relacionadas com a DM [11, 12]. Portanto, em longo prazo, o controle glicêmico pode ser melhorado após 12 semanas de treinamento resistido, embora alguns estudos mostrem que 8 semanas de treinamento também pode ser eficaz na redução da HbA1c [4].

Além da redução da HbA1c, os programas de treinamento resistido para as pessoas com DM têm demonstrado efeitos benéficos sobre a ação da insulina e controle da glicemia, redução dos níveis de glicose no sangue em jejum, perda significativa de gordura subcutânea e visceral e aumento de armazenamento de glicogênio muscular [1]. A adiposidade abdominal tem sido associada

com a resistência à insulina, nesse sentido, a perda de tecido adiposo visceral pode ser um mecanismo para explicar os efeitos positivos do treinamento resistido sobre a sensibilidade à insulina [1, 13]. Apesar da perda de massa gorda, a alteração do perfil lipídico sanguíneo ao treinamento resistido nem sempre é favorável, podendo resultar em nenhuma ou discreta mudança nas concentrações de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), alta densidade (HDL), triglicerídeos e colesterol total [1, 13]. O aumento da sensibilidade à insulina também está correlacionada com outro efeito direto do treinamento resistido, que é o aumento da massa muscular esquelética [1,4,13]. Assim, alterações na quantidade de massa muscular são importantes para melhorar a sensibilidade à insulina do músculo esquelético. Além disso, as alterações relacionadas com a qualidade de massa muscular, tal como a ativação de proteínas chave na cascata de sinalização da insulina, a angiogênese e o aumento da densidade capilar, estão também relacionados com o aumento da sensibilidade à insulina. Interessantemente, mesmo na DM1, quando as proteínas da cascata de sinalização da insulina não são comprometidas, o treinamento resistido aumenta a sensibilidade à insulina e melhora a tolerância à glicose [3]. Por último, o aumento da massa livre de gordura também melhora o armazenamento de glicose no músculo esquelético, sugerindo um controle adicional de glicose no sangue. O treinamento resistido pode aumentar o armazenamento de glicogênio muscular em cerca de 30% em relação a indivíduos que não realizam qualquer tipo de treinamento [13].

As diretrizes do treinamento resistido para o tratamento de DM também incluem exercícios aeróbicos. Os protocolos de treinamento resistido geralmente determinam a dose recomendada de atividade física com base na frequência,

volume e intensidade de exercício. Embora existam algumas diferenças nos elementos específicos das diretrizes de prescrição, a maioria das diretrizes recomendam que os pacientes pratiquem exercícios resistidos moderados três vezes por semana [4]. A

tabela 2 apresenta as principais diretrizes publicadas para a prescrição de exercícios resistidos no tratamento da DM.

Tabela 2. Orientações para a prescrição de exercícios resistidos para o tratamento de diabetes mellitus.

	Intensidade	Frequência	Volume	Progressão
<i>Canadian Diabetes Association</i>	Moderada	3 dias/semana	1 série de 10-15 repetições	Para 2 séries de 10-15 repetições e 3 séries de 8 repetições com maior peso.
<i>American Diabetes Association</i>	8-10 RM	3 dias/semana	3 séries de 8-10 repetições	-
<i>American College of Sports Medicine</i>	50-80% 1RM	2-3 dias/semana (não-consecutivo)	5-10 exercícios, 1 série de 10-15 repetições	Para 4 séries de 8-10 repetições
<i>American Heart Association</i>	8-10 RM	3 dias/semana	2-4 séries de 8-10 repetições	-

1RM, uma repetição máxima; RM, repetições máximas.

Como se pode observar, recomenda-se para pacientes com DM treinamento resistido três dias por semana e intensidade moderada a vigorosa, uma vez que pode apresentar ganhos ótimos de força e ação da insulina. Cada sessão de treinamento deve incluir cerca de 10 exercícios envolvendo os principais grupos musculares e elevado número de repetições em máquinas de

resistência no início do treinamento, progredindo ao longo do tempo para o baixo número de repetições com carga mais intensa. O número de séries também varia de 1 a 4 para cada grupo muscular de exercícios resistido. A progressão dos exercícios deve ocorrer lentamente para evitar lesões [1].

Outro ponto importante é que a medicação para a DM pode ser reduzido em cerca de 70% para os indivíduos envolvidos

no programa de treinamento resistido, quando comparados com pacientes que não realizam exercício. [13]. Finalmente, existem controvérsias sobre se os benefícios induzidos pelo exercício sobre a glicose e o controle da insulina são o resultado de múltiplos episódios únicos de exercício, ou se existe um benefício crônico do treinamento. Portanto, o próximo subtópico descreve os efeitos agudos do exercício resistido no controle glicêmico em pacientes com DM.

Os efeitos agudos do exercício resistido em pacientes com diabetes mellitus

Os efeitos agudos do exercício resistido têm sido menos estudados do que o exercício aeróbico, especialmente no controle glicêmico de indivíduos com DM em momentos pós-prandial. Tem sido relatado que os picos de hiperglicemia pós-prandial são ainda mais preocupantes para o aparecimento de complicações microvasculares e macrovasculares em pacientes diabéticos do que os níveis elevados de glicose no sangue em jejum [12]. Uma única sessão de exercícios resistidos induz a captação de glicose no músculo esquelético por uma via independente da insulina e aumenta a absorção de glicose pela via insulino-dependente [1]. O aumento da captação de glicose, e conseqüente redução da glicemia, pode persistir por pelo menos 24 horas após o exercício resistido. Além disso, uma sessão de treinamento estabiliza a resposta de glicose no plasma para as 24 horas subsequentes, reduzindo o aparecimento de picos hiperglicêmicos pós-prandiais, que são conhecidos por ser um fator importante no desenvolvimento de complicações diabéticas [1]. Por fim, a absorção de glicose por uma via dependente de insulina, em uma única sessão de treinamento pode resultar em melhorias agudas na ação da insulina sistêmica em um período de 2 a 72 horas.

Em relação ao metabolismo da glicose, a manutenção da glicemia normal em repouso e durante o exercício depende da coordenação e integração do sistema nervoso simpático e sistema endócrino. Durante o exercício resistido, a glicemia é o resultado do equilíbrio da absorção de glicose no sangue pela contração muscular e da produção de glicose no fígado via glicogenólise e gliconeogênese. Os músculos estimulados aumentam a captação de glicose no sangue, no entanto, a liberação de glicose no fígado também aumenta.

Assim, a manutenção de glicose no sangue ou a sua alteração depende de vários fatores de treino, sendo os mais importantes a intensidade e duração do exercício resistido [1]. Considerando-se o equilíbrio entre a absorção e liberação de glicose no sangue, os diabéticos devem realizar uma intensidade que a captação de glicose seja superior à sua liberação no fígado.

Embora o exercício resistido promova a diminuição da concentração de glicose no sangue em até aproximadamente 24 horas após o exercício, a realização em intensidade vigorosa pode aumentar agudamente a concentração de glicose sanguínea, ou seja, durante e imediatamente após o exercício. A Figura 1 exemplifica a resposta da glicose sanguínea durante o exercício resistido e 24 horas pós-exercício em duas intensidades diferentes (vigorosa e moderada). Em indivíduos com DM realizando exercício resistido com intensidade moderada, a captação de glicose geralmente é superior à sua produção hepática e, portanto, a glicemia tende a diminuir [6, 14]. Moreira et al. [6] mostraram que baixas (25% de 1RM) e moderadas (45% de 1RM) intensidades são eficazes na redução da concentração de glicose em indivíduos com DM2. A captação de glicose muscular permanece elevada no pós-exercício, pois a via independente e não mediada pela insulina (AMPK) persiste durante várias horas. Por outro lado, em indivíduos que executam o exercício de

intensidade vigorosa, a captação pode ser inferior à produção de glicose hepática, portanto, a glicemia tende a aumentar [15]. A explicação possível para o aumento da concentração de glicose no sangue durante o exercício resistido em intensidade vigorosa baseia-se em um aumento no nível das catecolaminas e respostas do glucagon, que estimulam uma maior glicogenólise e gliconeogênese, aumentando assim a liberação de glicose pelo fígado em relação à sua absorção pelo músculo [15]. No entanto, durante várias horas após o exercício, a produção de glicose hepática é inibida e a absorção de glicose muscular permanece mais elevada, o que conduz a uma diminuição na concentração de glicose a longo prazo superior a exercício de intensidade moderada.

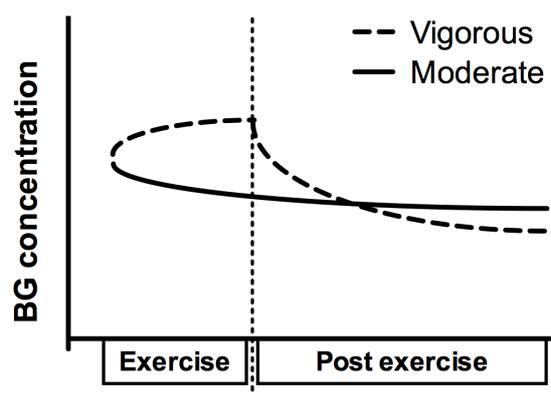


Figura 1. Resposta da glicose sanguínea (GS) durante o exercício resistido e até 24 horas pós-exercício em intensidades moderada e vigorosa

Essas respostas glicêmicas durante o exercício resistido apresentam aplicações

REFERÊNCIAS

[1] Colberg SR, Albright AL, Blissmer BJ, Braun B, Chasan-Taber L, Fernhall B, et al. Exercise and type 2 diabetes: American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. Exercise

práticas no controle da glicose para as pessoas com DM. Os pacientes que se apresentam com a glicemia descompensada devem realizar exercícios em intensidades leves a moderadas. Neste caso, a concentração de glicose sanguínea elevada deve ser imediatamente reduzida, assim, a intensidade de exercício leve a moderada será a mais recomendada [1, 15]. Por outro lado, os indivíduos que se apresentam com a glicemia bem controlada podem realizar exercícios resistidos de intensidade vigorosa. Apesar da glicose no sangue aumentar durante o exercício, essa resposta ocorre em concentrações normais e, após o exercício mais glicose será absorvida pelo músculo esquelético.

Finalmente, o exercício resistido diminui as concentrações de glicose no sangue a níveis menores do que o exercício aeróbico, transportando um menor risco de hipoglicemia induzida pelo exercício [14]

and type 2 diabetes. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(12):2282-303. Epub 2010/11/19.

[2] Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC, Balaa N, Malcolm J, et al. Resistance versus aerobic exercise: acute effects on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2013;36(3):537-42. Epub 2012/11/23.

- [3] Tonoli C, Heyman E, Roelands B, Buyse L, Cheung SS, Berthoin S, et al. Effects of different types of acute and chronic (training) exercise on glycaemic control in type 1 diabetes mellitus: a meta-analysis. *Sports Med.* 2012;42(12):1059-80. Epub 2012/11/09.
- [4] O'Hagan C, De Vito G, Boreham CA. Exercise prescription in the treatment of type 2 diabetes mellitus : current practices, existing guidelines and future directions. *Sports Med.* 2013;43(1):39-49. Epub 2013/01/15.
- [5] Standards of medical care in diabetes--2010. *Diabetes Care.* 2010;33 Suppl 1:S11-61. Epub 2010/01/29.
- [6] Moreira SR, Simoes GC, Moraes JF, Motta DF, Campbell CS, Simoes HG. Blood glucose control for individuals with type-2 diabetes: acute effects of resistance exercise of lower cardiovascular-metabolic stress. *J Strength Cond Res.* 2012;26(10):2806-11. Epub 2011/12/02.
- [7] Black LE, Swan PD, Alvar BA. Effects of intensity and volume on insulin sensitivity during acute bouts of resistance training. *J Strength Cond Res.* 2010;24(4):1109-16. Epub 2010/01/23.
- [8] Ramalho AC, de Lourdes Lima M, Nunes F, Cambui Z, Barbosa C, Andrade A, et al. The effect of resistance versus aerobic training on metabolic control in patients with type-1 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract.* 2006;72(3):271-6. Epub 2006/01/13.
- [9] Coyle D, Coyle K, Kenny GP, Boule NG, Wells GA, Fortier M, et al. Cost-effectiveness of exercise programs in type 2 diabetes. *Int J Technol Assess Health Care.* 2012;28(3):228-34. Epub 2012/09/18.
- [10] Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Care.* 2006;29(11):2518-27. Epub 2006/10/27.
- [11] Stratton IM, Cull CA, Adler AI, Matthews DR, Neil HA, Holman RR. Additive effects of glycaemia and blood pressure exposure on risk of complications in type 2 diabetes: a prospective observational study (UKPDS 75). *Diabetologia.* 2006;49(8):1761-9. Epub 2006/06/01.
- [12] Stratton IM, Adler AI, Neil HA, Matthews DR, Manley SE, Cull CA, et al. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *BMJ.* 2000;321(7258):405-12. Epub 2000/08/11.
- [13] Zanuso S, Jimenez A, Pugliese G, Corigliano G, Balducci S. Exercise for the management of type 2 diabetes: a review of the evidence. *Acta Diabetol.* 2010;47(1):15-22. Epub 2009/06/06.
- [14] Bacchi E, Negri C, Trombetta M, Zanolin ME, Lanza M, Bonora E, et al. Differences in the acute effects of aerobic and resistance exercise in subjects with type 2 diabetes: results from the RAED2 Randomized Trial. *PLoS One.* 2012;7(12):e49937. Epub 2012/12/12.
- [15] Moreira SR, Arsa G, Oliveira HB, Lima LC, Campbell CS, Simoes HG. Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for individuals with type 2 diabetes. *J Strength Cond Res.* 2008;22(4):1108-15. Epub 2008/06/12.