

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

DIABETES TIPO 2 E TREINAMENTO DE FORÇA: UMA REVISÃO

Fabício de Paula¹,
Samuel Amorim de Souza¹,
Marcus Vinícius Pimenta de Ávila¹

RESUMO

Introdução: Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) é uma doença metabólica caracterizada por hiperglicemia e disfunções cardiovasculares, as quais podem ser controladas com exercícios físicos, controle dietético e tratamento farmacológico. **Objetivo:** verificar os mecanismos por meio dos quais o treinamento de força provoca alterações metabólicas e celulares que podem agir positivamente para portadores de diabetes tipo 2. **Revisão de Literatura:** Pesquisas recentes têm demonstrado que o treinamento de força melhora o controle glicêmico, a resistência insulínica, ganho de massa muscular e redução da composição corporal lipídica, além de atuar diretamente na qualidade de vida dos portadores da doença. O objetivo desse estudo foi verificar os mecanismos por meio dos quais o treinamento de força provoca alterações metabólicas e celulares que podem agir positivamente para portadores de diabetes tipo 2. **Conclusão:** pode-se concluir que o treinamento de força é uma ferramenta importante para o controle, tratamento e prevenção do diabetes mellitus tipo 2, pois promove: aumento da sensibilidade à insulina, eleva a captação de glicose pelo músculo, reduz as concentrações de lipídeos séricos (como LDL e triacilglicerol), além de potencializar força muscular e o ganho de massa corporal magra, por meio de mecanismos de sinalização intracelular de insulina como o GLUT-4 e a via PI3q/Akt.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus tipo 2; Exercício físico, Alterações Metabólicas e Treinamento de força

1 – Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho – Bases Nutricionais da Atividade Física: Nutrição Esportiva.

ABSTRACT

Type 2 diabetes and resistance training: a review.

Introduction: Diabetes mellitus type 2 (DM2) is a metabolic disease characterized by hyperglycemia and cardiovascular diseases, which can be controlled with exercise, diet control and drug treatment. **Objective:** To determine the mechanisms by which the strength training causes metabolic changes and cell phones that can act positively to patients with type 2 diabetes. **Literature Review:** Recent research has shown that strength training improves glycemic control, insulin resistance, gain muscle mass and reducing body lipid composition in addition to acting directly on the quality of life of sufferers. The aim of this study was to investigate the mechanisms by which strength training causes metabolic changes and cell phones that can act positively to patients with type 2 diabetes. **Conclusion:** We can conclude that strength training is an important tool for the control, treatment and prevention of type 2 diabetes mellitus, as it promotes an increase in sensitivity to insulin, increases glucose uptake by muscle, reduces lipid levels serum (such as LDL and triglycerides), and enhance muscle strength and gain lean body mass, through intracellular signaling of insulin and GLUT-4 and via PI3q/Akt.

Key word: Type 2 Diabetes Mellitus; Exercise, Metabolic Changes and Strength training

Endereço para correspondência:
fabricionut@bol.com.br
samuel.amorim.s@gmail.com
marcusvinicius@nutricionista.com.br

INTRODUÇÃO

A obesidade é considerada um problema de saúde pública que leva a sérias conseqüências sociais, psicológicas e físicas, sendo associada ao maior risco de morbimortalidade por enfermidades crônicas não-transmissíveis (OMS, 1998).

Conforme Gurruchaga citado por Guttierrez e Martins (2008), a obesidade gera resistência insulínica em nível pós-receptor. Isto provoca hiperinsulinemia compensadora, com sobre estímulo nas células beta do pâncreas, podendo provocar até mesmo falência destas e também insensibilidade dos receptores periféricos. Isto resulta, primeiramente, em tolerância à glicose diminuída, podendo progredir para o diabetes mellitus. A indisponibilidade das células em utilizar a glicose faz com que aumente a liberação de ácidos graxos do tecido adiposo, o que estimula a gliconeogênese hepática, dificultando ainda mais a homeostase da glicose sanguínea. A hiperinsulinemia resultante também reduz a excreção de sódio pelo organismo, o que provoca expansão do volume extracelular, aumentando o trabalho do coração e do sistema cardiovascular periférico. A insulina aumenta a atividade do sistema nervoso simpático, acarretando vasoconstrição, o que aumenta o risco cardiovascular.

Segundo a Associação Americana de Diabetes (ADA) citada por Arsa e colaboradores (2009), o Diabetes Mellitus (DM) é uma doença endócrina caracterizada por um grupo de distúrbios metabólicos, incluindo hiperglicemia e elevação das concentrações de glicose sanguínea pós-prandial, devido a uma menor sensibilidade insulínica em seus tecidos alvo e/ou por reduzida secreção de insulina.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) citado por Cardoso e colaboradores (2007), o diabetes mellitus tipo 2 é a terceira causa de mortalidade no Mundo, ou seja, acredita-se que 7,6% da população mundial sofram da doença.

Conforme Blumenkrantz citado por Francischi e colaboradores (2000), a obesidade na região abdominal, pode elevar o risco de ocorrência de diabetes mellitus não-dependente de insulina em dez vezes e para o aumento de 10% no peso corporal, há aumento de 2mg/dl na glicemia em jejum.

Estudos já demonstraram que o treinamento aeróbico para pacientes com DM2, mostrou-se eficaz no controle da glicose (Ronnemma e colaboradores citado por Eves e Plotnikoff, 2006), aumento da sensibilidade à insulina e na redução dos fatores de risco para doenças cardiovasculares (Boule e colaboradores citado por Eves e Plotnikoff, 2006).

Recentemente pesquisas têm verificado que o treinamento resistido resulta em melhoras similares ao treinamento aeróbico, como controle glicêmico após realização de exercício, redução da hemoglobina glicada, melhora da sensibilidade à insulina (Cauza e colaboradores, 2005). Bem como a diminuição da gordura visceral e subcutânea na região abdominal (Cuff e colaboradores, 2003). Além disso, o treinamento de força tem a capacidade de melhorar a força muscular (Herriott e colaboradores, 2004), ganho de massa muscular magra (Ryan citado por Eves e Plotnikoff, 2006) e o aumento da densidade mineral óssea (Hurley e Roth citado Eves e Plotnikoff, 2006).

Mediante isso, essa revisão de literatura tem como objetivo verificar os mecanismos por meio dos quais o treinamento de força provoca alterações metabólicas e celulares que podem agir positivamente para portadores de diabetes tipo 2.

REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com ACMS citado por Sigal e colaboradores, (2004) é recomendado o treinamento resistido duas vezes na semana, com o mínimo de 8-10 exercícios envolvendo maiores grupos musculares, com o mínimo de 1 série de 10-15 repetições perto da fadiga.

Cauza e colaboradores (2005), fizeram comparação entre treinamento de força (TF) e treinamento de endurance (TE) durante 4 meses em 22 portadores de DM2, sendo 11 homens e 11 mulheres com idade média de 56 anos de idade. O treinamento de força obteve melhor resultado do que o treinamento de endurance nos seguintes parâmetros metabólicos: glicose sanguínea, hemoglobina glicada, resistência insulínica, HDL, LDL, triglicerídeos e colesterol total.

Em outro estudo, Cauza e colaboradores (2005) verificaram a glicose sanguínea em 15 portadores de DM2, durante

48 horas após 4 meses de treinamento de força e treinamento de endurance. O treinamento de força teve resultado significativo em relação ao treinamento de endurance em relação ao controle da glicemia pós-periodização preconizada no estudo.

Juel, Holten e Dela (2004), avaliaram os efeitos do treinamento de força no lactato muscular e o conteúdo de duas proteínas transportadoras MCT1 e MCT4, em dez homens com idade acima de 60 anos. A periodização realizada consistia em três exercícios de perna, três vezes por semana, durante 30 minutos, com duração de seis semanas. Era realizado um aquecimento com exercícios leves para cada perna com 10-12 repetições e dois minutos de intervalo. Nas duas primeiras semanas de treino foram executadas três séries com 10 repetições, utilizando 50% de 1RM. Durante as quatro semanas restantes foram executadas quatro séries de 8-12 repetições, com 70-80% de 1RM. Nas duas semanas finais as cargas foram ajustadas para que todas as séries fossem realizadas com exaustão dentro do limite de repetições preconizadas. O intervalo era de 90 segundos entre as séries e dois minutos entre os exercícios. No fim do tratamento, conclui-se que o treinamento de força normalizou as taxas de MCT1, tendo em vista que o mesmo é reduzido no músculo esquelético em pacientes com DM2.

Oito semanas de treinamento resistido associado ao treinamento de flexibilidade em pacientes com DM2, elevaram os níveis de força em 40% nos membros inferiores e superiores (Herriott e colaboradores, 2004).

De acordo com Cuff e colaboradores (2003), o treinamento resistido em conjunto com o treinamento aeróbico aumentou a disponibilidade de glicose e a densidade muscular em mulheres na pós-menopausa portadoras de DM2, além de melhorar a insulina sensível, devido a perda de gordura visceral e subcutânea na região abdominal.

Sessões de treinamento de força com duração de 30 minutos, 3 vezes na semana, durante 6 semanas, aumentaram o conteúdo protéico do GLUT-4, receptor de insulina, proteína β -quinase, glicogênio sintetase e atividade total da glicogênio sintetase. Concluindo, eles aumentaram a ação da insulina no músculo esquelético em ambos os grupos. A adaptação é atribuída à contração local mediada por mecanismos envolvendo

proteínas-chave na cascata de sinalização da insulina (Holten e colaboradores, 2004).

A sinalização intracelular da insulina começa com sua ligação a um receptor específico de membrana, denominado receptor de insulina (IR) (Patti e Kahn citado por Pauli e colaboradores, 2009), que ao ser ativado, resulta em fosforilação em tirosina de diversos substratos, incluindo substratos do receptor de insulina 1 e 2 (IRS-1 e IRS-2) (Pessin e Saltiel, 2000; White, 1998). A fosforilação das proteínas IRS criam sítios de ligação para o fosfatidil-inositol 3-quinase (PI3q), uma proteína presente no citosol da célula, e que promove sua ativação (Backer e colaboradores citado por Pauli e colaboradores, 2009). A PI3q é importante na regulação da mitose, na diferenciação celular e no transporte de glicose estimulada pela insulina. A ativação da PI3q promove a fosforilação da proteína quinase B (Akt), o que permite o transporte de glicose no músculo e no tecido adiposo, através da translocação da proteína GLUT-4 para a membrana celular (Czech e Corvera citados por Pauli e colaboradores, 2009). Portanto, a ativação da Akt resulta na translocação do GLUT-4 para a membrana, permitindo a entrada de glicose por difusão facilitada. A prática de atividade física regularmente estimula maior concentração de GLUT-4 e promove captação de glicose e redução da sua concentração sanguínea. Além disso, o sinal transmitido pela PI3q ativa a síntese de glicogênio no fígado e no músculo, e da lipogênese no tecido adiposo, se tornando uma via com papel importante no metabolismo da insulina (Pauli e colaboradores, 2009).

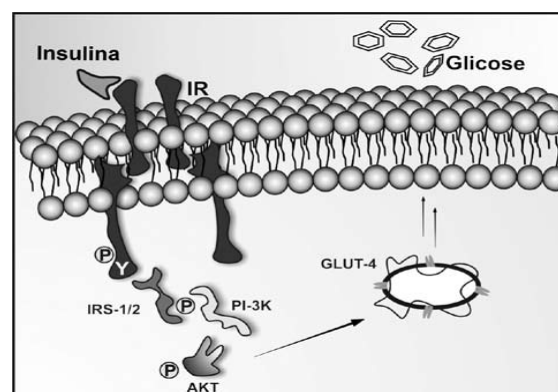


Figura 1. Via de sinalização da insulina na captação de glicose. (Pauli e colaboradores, 2009)

Em estudo realizado por Eijnde e colaboradores (2001) foi investigado o impacto da suplementação oral de creatina sobre o conteúdo protéico de GLUT-4 no músculo, glicogênio e concentração total de creatina. O estudo foi realizado com 22 indivíduos saudáveis durante 2 semanas, com estes, tendo uma de suas pernas imobilizadas com gesso, seguido de 10 semanas de treinamento para reabilitação. Metade dos indivíduos receberam suplementação de creatina (20 g diárias durante o período de imobilização e 5 a 15 g diárias durante as três primeiras e as últimas sétimas do treinamento de reabilitação), enquanto os outros 11 indivíduos ingeriram placebo (maltodextrina). Foi demonstrado que a suplementação de creatina preveniu a perda de GLUT-4 durante o desuso muscular (perna imobilizada) e aumentou o conteúdo protéico do GLUT-4 acima de níveis normais durante a reabilitação, o que aumenta a sensibilidade à insulina e a captação de glicose pelo músculo. E baseado nestes achados, torna-se necessário avaliar, a longo prazo, os potenciais efeitos da suplementação de creatina como estratégia para prevenir ou tratar doenças caracterizadas pela resistência periférica à insulina, como o diabetes.

Em outro estudo realizado por Derave e colaboradores (2003), utilizando metodologia semelhante ao estudo anterior, também foi constatado a estimulação do GLUT-4 e glicogênio muscular em humanos pela suplementação oral de creatina quando combinado com mudanças nos hábitos de atividade. Além disso, a ingestão oral de um combinado protéico e creatina aumentaram a tolerância à glicose, o qual está supostamente independente às mudanças da expressão do GLUT-4.

Tokmakidis e colaboradores (2004) ao avaliaram os efeitos da combinação do exercício de força e do exercício aeróbico em mulheres com DM2, observaram que esta combinação, induziram avaliações positivas no controle da glicose, ação da insulina, melhoria da força muscular e tolerância ao exercício físico. O programa de exercício de força de 4-6 semanas (a 40-50% de 1-RM, cinco vezes por semana) suscitou em 48% na melhora da sensibilidade à insulina nos indivíduos com diabetes tipo 2 (Tokmakidis e colaboradores, 2004). Adaptações no músculo esquelético, induzidas após exercício aeróbico em diabéticos incluem a melhoria do $VO_2\max$,

densidade capilar da fibra muscular e expressão do transportador de glicose (GLUT-4) (Zierath, 2002; Sakamoto, 2002 citados por Tokmakidis e colaboradores, 2004).

Venables e colaboradores (2007), avaliaram o efeito agudo do exercício sobre a tolerância à glicose seguido de alimentação pós-exercício foi observado que houve diminuição da glicose plasmática e aumento da sensibilidade à insulina, no exercício de força comparado ao exercício de endurance.

Castaneda e colaboradores (2002) mostram que o controle glicêmico e anomalias associadas às síndromes metabólicas podem ser melhorados com o treinamento progressivo de força (TPF).

Segundo Ibañes (2005) o treinamento progressivo de força realizado duas vezes por semana em 9 homens idosos portadores de DM2, diminui a gordura abdominal e promoveu melhoras significativas em relação a sensibilidade à insulina e a rápida absorção de glicose.

Dunstan e colaboradores (2002) realizaram por seis meses um programa de treinamento progressivo de força de alta intensidade combinado com moderada perda de peso no controle glicêmico e na composição corporal, em 36 homens e mulheres sedentários com idade entre 60 e 80 anos, portadores de DM2 e com sobrepeso. A periodização do treinamento era realizada da seguinte forma: 3 vezes por semana, durante 45 minutos com nove exercícios, sendo executados 3 séries de 8-10 repetições, com intervalo de 60 a 120 segundos entre elas. No final do tratamento, os resultados demonstram que os indivíduos treinados diminuíram a hemoglobina glicosilada e a glicose plasmática de jejum, além de aumentar as concentrações de insulina em jejum. Diante das evidências apresentadas, podemos afirmar que o treinamento progressivo de força pode ser benéfico sobre as variáveis metabólicas, ajudando na prevenção e no controle da DM2. No entanto, Misra e colaboradores, (2008), demonstrou que o treinamento progressivo de força com intensidade moderada, realizado por três meses, em pacientes asiáticos com DM2, aumentou a sensibilidade à insulina, o controle glicêmico e diminui a gordura visceral e periférica.

Segundo Willey e Singh (2003) em diabéticos com complicações vasculares periféricas e nefropatia, o treinamento

progressivo de força apresenta grandes vantagens, pois a variedade de máquinas permite variação do trabalho muscular. Isto diminui o risco de lesões nos pés por movimentos repetitivos como ocorre durante a caminhada e outras atividades aeróbicas.

O aumento da pressão arterial com o treinamento progressivo de força implica cuidados com os pacientes com nefropatia, mas não há evidência de que mudança na pressão arterial induzida pelo exercício aumente a progressão da doença. Contudo, é aconselhável que se evite atividades que excedam 200 mmHg da pressão arterial sistólica, visto que uma elevação acima deste valor pode piorar a progressão da doença. (Albright citado por Guttierrez e Martins, 2008).

A manobra de valsalva e contrações isométricas devem ser evitadas no treinamento, para não aumentar a pressão intra-ocular (Aiello, Cahill e Wong, 2001).

Conforme Ciolac e Guimarães (2004), os pacientes diabéticos, necessitam de atenção especial nos pés e no controle glicêmico. O uso de palmilhas macias, bem como o uso de meias de algodão para manter o pé seco, é importante para minimizar traumas. Os pacientes devem ser orientados a verificar constantemente o aparecimento de bolhas e qualquer outro tipo de ferimento, antes e ao final de cada sessão de exercício. Em pacientes em uso de insulina ou outro medicamento para controle da glicemia sanguínea, deve-se prestar atenção no horário dos medicamentos, para que o paciente não realize a atividade em estado hipoglicêmico.

CONCLUSÃO

A partir das evidências relatadas na revisão de literatura do presente artigo, pode-se concluir que o treinamento de força é uma ferramenta importante para o controle, tratamento e prevenção do diabetes mellitus do tipo 2, pois promove o aumento da sensibilidade à insulina, eleva a captação de glicose pelo músculo, reduz as concentrações de lipídeos séricos (como LDL e triacilglicerol), além de potencializar força muscular e o ganho de massa corporal magra, por meio de mecanismos de sinalização intracelular de insulina como o GLUT-4 e a via PI3q/Akt.

REFERÊNCIAS

- 1- Aiello, L.P.; Cahill, M.T.; Wong, J.S. Systemic considerations in the management of diabetic retinopathy. *American Journal of Ophthalmol.* Vol. 135. 2001. p. 760-776.
- 2- Arsa, G.; e Colaboradores. Diabetes Mellitus tipo 2: Aspectos fisiológicos, genéticos e formas de exercício físico para seu controle. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano.* Vol. 11. Núm. 1. 2009. p.103-111.
- 3- Cardoso, L.M.; e Colaboradores. Aspectos importantes na Prescrição do exercício físico para o diabetes mellitus 2. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício.* São Paulo. Vol. 1. Núm. 6. 2007. p. 59-69.
- 4- Castaneda, C.; e colaboradores. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* Vol. 25. Núm. 12. 2002. p. 2335–2341.
- 5- Cauza, E.; e colaboradores. Strength and endurance training lead to different post exercise glucose profiles in diabetic participants using a continuous subcutaneous glucose monitoring system. *European Journal of Clinical Investigation.* Vol. 35. 2005. p. 745–751.
- 6- Cauza, E.; e colaboradores. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* Vol. 86. 2005. p.1527-1533.
- 7- Ciolac, G.; Guimarães, G.V. Exercício físico e síndrome metabólica. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* Vol. 10. Núm. 4. 2004. p. 319-324.
- 8- Cuff, D.J.; e colaboradores. Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* Vol. 26. Núm. 11. 2003. p. 2977–2982.
- 9- Derave, W.; e colaboradores. Combined creatine and protein supplementation in conjunction with resistance training promotes muscle GLUT-4 content and glucose tolerance

- in humans. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 94. Núm. 1. 2003. p. 1910-1916.
- 10- Dunstan, D.W.; e colaboradores. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 25. Núm. 10. 2002. p.1729-1736.
- 11- Eijnde, B.O.E.; e colaboradores. Effect of oral creatine supplementation on human muscle GLUT4 protein content after immobilization. *Diabetes*. Vol. 50. 2001. p.18-23.
- 12- Eves, N.D.; Plotnikoff, R.C. Resistance training and type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 29. Núm. 8. 2006. p.1933-1941.
- 13- Francischi, R.P.P.; e Colaboradores. Obesidade: atualização sobre sua etiologia, morbidade e tratamento. *Revista de Nutrição*. Campinas. Vol. 13. Núm. 1. 2000. p. 17-28.
- 14- Guttierrez, A.P.M; Marins, J.C.B. Os efeitos do treinamento de força sobre os fatores de risco da síndrome metabólica. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. Vol. 11. Núm. 1. 2008. p. 147-158.
- 15- Herriott, M.T.; e colaboradores. Effects of 8 weeks of flexibility and resistance training in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 27. Núm. 12. 2004. p. 2988-2989.
- 16- Holten, M.K.; e colaboradores. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes*. Vol. 53. 2004. p. 294-305.
- 17- Ibañes, J.; e colaboradores. Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 28. Núm. 3. 2005. p. 662-667.
- 18- Juel, C.; e colaboradores. Effects of strength training on muscle lactate release and MCT1 and MCT4 content in healthy and type 2 diabetic humans. *The Physiological Society*. Vol. 556. Núm. 1. 2004. p. 297-304.
- 19- Misra, A.; e colaboradores. Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in asian indians with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 31. Núm. 7. 2008. p. 1282-1287.
- 20- Pauli, J.R.; Cintra, D.E.; de Souza, C.T.; Ropelle, E.R. Novos mecanismos pelos quais o exercício físico melhora a resistência à insulina no músculo esquelético. *Arquivo Brasileiro de Endocrinologia Metabolismo*. Vol. 53. Num. 4. 2009. p. 399-408.
- 21- Pessin, J.E.; Saltiel, A.R. Signaling pathways in insulin action: molecular targets of insulin resistance. *Journal of Clinical Investigation*. Vol. 106. 2000. p. 165-169.
- 22- Sigal, R.J.; e colaboradores. Activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 27. Núm.10. 2004. p. 2518-2539.
- 23- Tokmakidis, S.P.; e colaboradores. The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 92. 2004. p.437-442.
- 24- Venables, M.C.; e colaboradores. Effect of acute exercise on glucose tolerance following post-exercise feeding. *European Journal of Applied Physiology*. 2007. Vol. 100. Num. 6. 2007. p. 711-717.
- 25- White, M.F. The IRS-signalling system: a network of docking proteins that mediate insulin action. *Molecular Cell Biochemistry*. 1998. Vol. 182. p. 3-11.
- 26- Willey, K.A.; Singh, M.A.F. Battling insulin resistance in elderly obese people with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 26. Núm. 5. 2003. p. 1580-1588.
- 27- World Health Organization. *Obesity: preventing managing the global epidemic*. Geneva: World Health Organization; 1998.

Recebido para publicação em 13/07/2009
Aceito em 28/08/2009