

A EFICÁCIA DO TREINAMENTO RESISTIDO NO CONTROLE GLICÊMICO DE INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO 2: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

THE EFFECTIVENESS OF RESISTANCE TRAINING IN GLYCEMIC CONTROL OF INDIVIDUALS WITH TYPE 2 DIABETES: A SYSTEMATIC REVIEW

Wesley Mentz da Silva¹, Rafael Granemann Piola da Silva¹, Rosiane Guetter Mello²,
Camila Aparecida Moraes Marques^{2*}

¹Faculdades Pequeno Príncipe, Curitiba, PR, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Ensino nas Ciências da Saúde, Faculdades Pequeno Príncipe,
Curitiba, PR, Brasil

*Autor correspondente: Camila Aparecida Moraes Marques. e-mail:camilam14@gmail.com, Av. Iguazu 333,
CEP 80230-020, Curitiba, PR, Brasil.
Telefone: (41)99917-6689

RESUMO

Introdução: O diabetes melito tipo 2 (DM2) é caracterizado por hiperglicemia crônica desencadeada por resistência periférica à insulina, secreção deficiente de insulina e aumento da produção hepática de glicose. Diversos estudos demonstraram que os exercícios aeróbios são capazes de melhorar o perfil glicêmico dos pacientes com DM2. Apesar disso, existem poucos de estudos que se dedicaram a investigar os benefícios do treinamento resistido nessa população. O objetivo dessa revisão foi buscar, analisar e sintetizar a literatura recente publicada no contexto de treinamento resistido e controle glicêmico em pacientes com DM2. **Método:** Revisão sistemática de literatura elaborada utilizando-se as bases de dados ScienceDirect e PubMed, sem restrição de localização geográfica, com os descritores "Resistance training", "type 2 diabetes" e "glycemic control", que foram integrados utilizando o booleano "AND". **Resultados:** Dentre 755 artigos encontrados, foram selecionados 6 artigos publicados entre 2011 e 2020. Feito isto, foram observadas reduções significativas nos níveis de HbA1c e da glicemia em jejum em voluntários participantes de estudos que fizeram o uso de protocolos de treinamento com volumes e intensidades elevadas. **Conclusões:** O treinamento resistido pode ser eficaz em reduzir os níveis glicêmicos em pacientes com DM2. É possível que exista uma relação dose-dependente entre o volume de treino e as reduções esperadas nos níveis de glicose sanguínea. Entretanto, são necessários estudos com maior tempo de duração para avaliar a persistência e a validade dos resultados encontrados até o momento.

Palavras-chaves: Diabetes Melito tipo 2; Treinamento Resistido; Controle Glicêmico.

ABSTRACT

Introduction: Type 2 diabetes mellitus (DM2) is characterized by chronic hyperglycemia triggered by peripheral insulin resistance, impaired insulin secretion and increased hepatic glucose production. Several studies have shown that aerobic exercises are able to improve the glycemic profile of DM2 patients. Nevertheless, there are few studies that have been dedicated to investigate the benefits of resistance training in this population. The aim of this review was to search, analyze and

synthesize the current literature published in the context of resistance training and glycemic control in DM2 patients. Method: Systematic elaborate literature review using the ScienceDirect and PubMed databases, without restriction of geographical area, with the descriptors "Resistance training", "type 2 diabetes" and "glycemic control", which were integrated using the Boolean "AND''. Results: From 755 articles found, 6 published articles between 2011 and 2020 were meticulously selected. By doing so, significant reductions in HbA1c and fasting blood glucose levels were observed in volunteers participants in studies that used training protocols with high volume and high intensities. Conclusions: Resistance training can be effective in reducing glycemic levels in patients with DM2. It is possible that there is a dose-dependent relationship between training volume and expected reductions in blood glucose levels. However, longer lasting studies are needed to evaluate the persistence and validity of the results achieved so far.

Keywords: Type 2 diabetes; Resistance training; Glycemic control.

INTRODUÇÃO

O DM2 é uma doença do pâncreas endócrino, caracterizada por hiperglicemia crônica desencadeada, por resistência periférica à insulina, secreção deficiente de insulina e aumento da produção hepática de glicose. É responsável por 90 a 95% dos casos de diabetes e é mais frequentemente observada em adultos obesos com mais de 40 anos. No DM2 os indivíduos apresentam resistência à insulina e algum grau de deficiência insulínica, ainda que não total, diferentemente de indivíduos diabéticos do tipo 1 (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION et al., 2018; VILAR, Lúcio et al., 2001).

Apesar de ser uma condição frequentemente associada à população adulta, a incidência da doença em crianças e adolescentes vem aumentando de maneira exponencial, devido às mudanças no estilo de vida, experimentadas pela civilização ocidental durante o processo de industrialização e globalização. A vida sedentária combinada com a ingestão exagerada de calorias, contribui de maneira significativa para o aumento dos casos de DM2 (DEFRONZO, 2004). Dentre os fatores de risco associados ao desenvolvimento da doença destacam-se: a obesidade presente em 80% dos pacientes e a síndrome metabólica presente em cerca de 70 a 90% (KITAGAWA, Teruo et al., 1998; AMERICAN DIABETES ASSOCIATION et al., 2015). No Japão, o DM2 se tornou mais prevalente que o diabetes tipo 1 entre as crianças e é responsável por cerca de 80% dos casos em adultos (KITAGAWA, Teruo et al., 1998; ALBERTI, G. et al., 2004).

Em condições adequadas, o organismo humano dispõe de 4 mecanismos que atuam na regulação das concentrações de glicose no sangue: (1) secreção de insulina, (2) captação de glicose pelos tecidos, (3) supressão da produção hepática de glicose, (4) ingestão ou administração de glicose e outros nutrientes (DEFRONZO, 2004). A hiperglicemia crônica observada em indivíduos com DM2 é resultado da disfunção desses mecanismos homeostáticos, por meio de longos períodos de ingestão calórica inadequada, inatividade física, tabagismo, hipertensão arterial descontrolada, etilismo, além de, idade e fatores genéticos (YOUNG, 2002; RAO, 2015).

A patogênese da doença pode ser representada de maneira simplificada em uma linha do tempo, a qual inicia com um indivíduo portador de uma pré-disposição genética, exposto a fatores ambientais como sedentarismo e ingestão calórica excessiva. Além disso, os maus hábitos levam a um ganho crônico de gordura subcutânea e visceral, principalmente na região abdominal, que causará - um quadro de resistência insulínica progressiva generalizada. Por isso, em uma tentativa de

manter a glicemia em concentrações adequadas, o indivíduo passará a apresentar hiperinsulinemia com tolerância inalterada à glicose em fases iniciais e posteriormente irá evoluir com tolerância diminuída ou intolerância à glicose. Em sequência ocorre falência progressiva de células beta, diminuindo a capacidade do pâncreas de produzir e secretar insulina. No momento, em casos em que o indivíduo apresenta glicemia em jejum ≥ 126 mg/dl (em duas ocasiões), glicemia ao acaso ≥ 200 mg/dl ou hemoglobina glicada (HbA1C) $\geq 6,5\%$ o indivíduo pode ser considerado diabético. (DEFRONZO, 2004; VILAR, 2001).

Existem diversas formas de insulina injetável e de hipoglicemiantes orais. O principal hipoglicemiante oral conhecido é a metformina, que atua principalmente inibindo a gliconeogênese, além de aumentar a sensibilidade à insulina. Existem também medicamentos que atuam nas vias das incretinas de polipeptídeo inibitório gástrico (GIP) e peptídeo semelhante ao glucagon 1 (GLP-1), que em condições normais são liberadas no período pós-prandial pelo intestino e atuam no pâncreas estimulando a liberação de insulina e inibindo a secreção de glucagon. Os agonistas do GLP-1 ativam os receptores de GLP-1, visando imitar o efeito do hormônio endógeno, que tem sua produção e eliminação prejudicada em condições de resistência à insulina. Há ainda os inibidores da dipeptidil peptidase-4 (DPP-4), inibidores do co-transportador sódio-glicose (SGLT-2), sulfonilureias e uma série de outros hipoglicemiantes orais disponíveis para o tratamento do DM2 (DEFRONZO, 2004; VILAR, 2001; AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2015).

Apesar do amplo arsenal terapêutico disponível, o DM2 não tem cura e o tratamento tem como objetivo reduzir as complicações associadas à doença, bem como, retardar seu progresso. Por se tratar de uma condição fortemente associada com o comportamento do indivíduo ao longo da vida, o manejo do paciente diabético deve englobar mudanças nos hábitos de vida pela adoção de uma rotina de exercícios físicos e de um planejamento alimentar adequado, de forma a normalizar os níveis glicêmicos circulantes via fármacos, ao mesmo tempo é possível utilizar as medidas não farmacológicas para remover ou controlar os fatores ambientais que levaram ao desenvolvimento da doença, com vistas a melhorar o perfil metabólico do paciente (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION et al., 2015).

Dentre as medidas não farmacológicas recomendadas para o paciente diabético, o exercício físico desempenha um papel muito importante. Esse exercício estruturado, também chamado de treinamento físico, pode ser definido como a prática de algum tipo de atividade física que ocorre repetidamente de maneira planejada e estruturada, levando em conta as demandas e as individualidades em questão, divergindo da prática de exercícios ao acaso e sem orientação. A atividade física pode ser dividida de maneira didática em duas categorias: Exercício aeróbio e exercício resistido. O treinamento aeróbio consiste na realização de atividades físicas sem a resistência de carga ou peso externo, como andar, correr, pedalar, nadar etc, enquanto o treinamento resistido, objeto desse estudo, engloba as atividades físicas que são realizadas contra uma resistência ou carga externa tendo como principal exemplo a musculação (EVANS, 2019).

Diversos estudos demonstraram que exercícios aeróbios são eficazes em promover benefícios metabólicos como melhora de perfil lipídico e redução dos níveis de glicose sanguínea (DEVLIN et al., 1985). Em comparação, existe um número muito menor de estudos que se dedicaram a investigar os benefícios da prática de treinamento resistido em pacientes diabéticos tipo 2 e os resultados se apresentaram de maneira controversa em diversas ocasiões.

Dentre as diversas adaptações observadas em indivíduos praticantes de treinamento resistido destacam-se melhorias na densidade óssea, força física, massa muscular e taxa metabólica basal. Em contrapartida os adultos que não praticam treinamento resistido ou atividades de força regularmente perdem aproximadamente 0,5 kg de massa muscular por ano, a partir dos 50 anos (BRAITH et al., 2007; NELSON et al., 1994). Estima-se que a musculatura esquelética seja responsável por cerca de 70 a 90% da captação periférica de glicose em períodos pós-prandiais (DEFRONZO, 1981; BARON, 1988).

O objetivo dessa revisão foi buscar, sintetizar e analisar a literatura recente publicada no contexto de treinamento resistido e controle glicêmico em pacientes diabéticos tipo 2, compilando uma série de ensaios clínicos randomizados publicados na última década. A discussão foi elaborada de forma a integrar o que já existe de robusto na literatura, com uma análise crítica dos resultados apresentados pelos estudos experimentais selecionados para integrar esse trabalho.

MÉTODO

ORGANIZAÇÃO DA BUSCA

Objetivamos identificar nas bases de dados estudos em inglês ou português realizados entre 2011 e 2020. Escolhemos os descritores “Resistance training”, “type 2 diabetes” e “glycemic control”, que foram integrados utilizando o booleano “AND”. Todos os descritores estão presentes no DeCS/MeSH. As buscas foram realizadas nas bases de dados ScienceDirect e PubMed, sem restrição de localização geográfica.

ESTRATÉGIA DE BUSCA

A busca nas bases de dados foi estruturada de maneira que o título e o resumo dos artigos fossem analisados. As palavras-chave foram organizadas da seguinte forma: (Resistance training AND type 2 diabetes AND glycemic control). Na base de dados PubMed o filtro “Randomized Controlled Trial” foi marcado, o período foi ajustado para 2011 até 2020 e a busca resultou em 30 artigos. Já na base de dados ScienceDirect os filtros “Research Articles” e “Medicine and Dentistry” foram marcados, o intervalo de tempo foi ajustado para 2011 até 2020 e a busca resultou em 725 artigos. Não foram incluídas nas buscas palavras relacionadas ao design do estudo, porém essa questão foi avaliada na seleção dos artigos.

SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Inicialmente os dois autores examinaram de maneira independente o título e o resumo dos artigos encontrados, visando excluir os estudos que atendessem aos seguintes critérios de exclusão:

- Artigos de revisão, meta-análises ou editoriais
- Estudos não escritos em inglês ou português
- Estudos qualitativos
- Estudos que não abordam treinamento resistido e DM2
- Estudos em animais

Dessa forma, cada autor finalizou esse processo com uma lista de artigos a serem incluídos. Posteriormente, os resultados foram comparados, e as divergências acerca da inclusão ou exclusão de

artigos foram resolvidas em consenso. Após essa etapa, houve a exclusão de investigações duplicadas, assim restaram 4 artigos encontrados na base de dados ScienceDirect e 10 artigos encontrados na base de dados PubMed, totalizando 14 artigos. Em sequência, os artigos foram revisados e lidos na íntegra por todos os pesquisadores de maneira independente visando excluir artigos que atendessem aos seguintes critérios de exclusão:

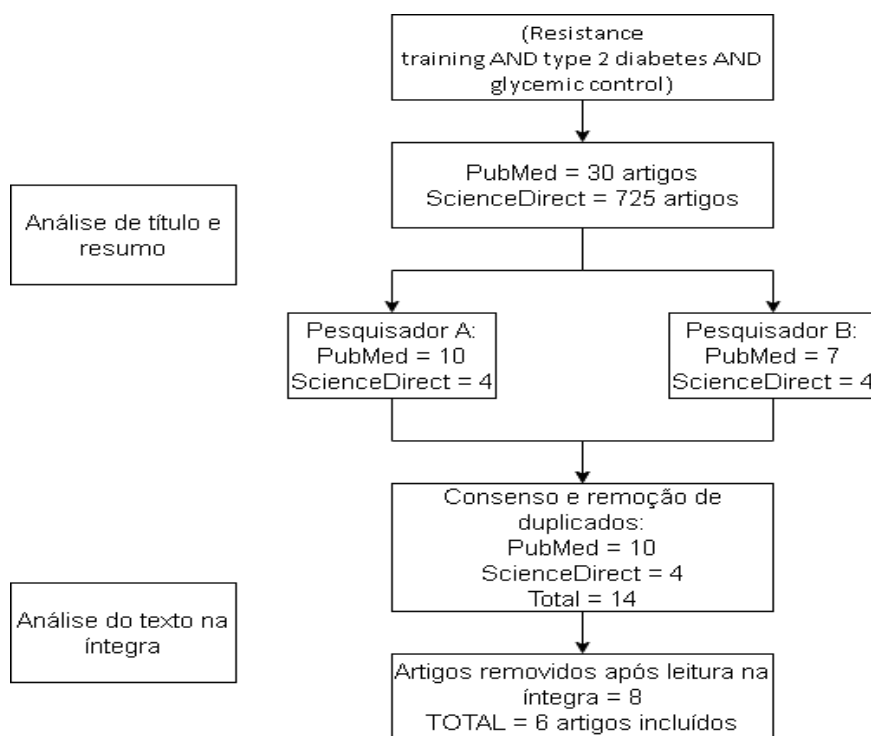
- Estudos que não apresentem desfechos
- Estudos que não avaliem a relação de treinamento resistido e controle glicêmico
- Estudos com tempo de duração < 4 semanas
- Estudos com sessões de treinamento com tempo < 30 minutos diários
- Estudos que propõe intervenção dietética combinada com treinamento

Nessa etapa 8 artigos foram removidos, restando os 6 artigos que foram incluídos nesta investigação. A Imagem 1 ilustra o fluxo de seleção dos artigos, desde as buscas iniciais até a lista final de inclusão.

EXTRAÇÃO DE DADOS

Os artigos selecionados foram revisados separadamente por cada um dos autores, que extraiu e documentou as seguintes informações: o nome do estudo, o ano de publicação, a localização, os objetivos, o método, a intensidade do exercício, a duração do estudo, a população, o tamanho da amostra, as variáveis avaliadas, o volume de treino aplicado aos participantes, a presença nos treinos, os desfechos observados, as limitações e conclusões. Os dados obtidos foram colocados em uma planilha de Microsoft Excel.

Figura 1: Fluxo de busca e seleção de artigos



AValiação DO RISCO DE VIÉS

A avaliação do risco de viés foi executada com o auxílio da ferramenta MERSQI (Medical Education Research Study Quality Instrument). O MERSQI é um instrumento para avaliar, além de quantificar o risco de viés e qualidade metodológica de estudos médicos experimentais. Também contempla 10 itens, cada um composto por tópicos menores classificados em 6 domínios, incluindo design do estudo, amostra, tipo de dados, validade das pontuações dos instrumentos de avaliação, análise de dados e desfecho.

RESULTADOS

DESCRIÇÃO DOS ARTIGOS SELECIONADOS

A Tabela 1 apresenta um resumo das informações consideradas relevantes para análise adequada dos desfechos dos artigos selecionados.

Dentre os 6 artigos inclusos na análise, 2 foram conduzidos na América do Sul, 2 na Ásia, 1 na América do Norte e 1 na Europa. Todos os estudos são Ensaio Clínico Randomizado e foram publicados entre 2011 e 2020. Em todos os estudos foram incluídos protocolos de treinamento compostos por exercícios tradicionais: leg press, extensão de joelho, flexão de joelho, abdução de quadril, supino inclinado, supino reto, remada baixa, rosca bíceps, desenvolvimento, extensão de cotovelo e flexão de tronco.

Na maioria dos artigos selecionados ($n = 4$) o tempo de intervenção foi de 12 semanas e em metade ($n = 3$) a intensidade estabelecida pelo protocolo de treinamento foi moderada, sendo que, para sua avaliação, foram considerados o método da escala de percepção subjetiva de esforço (PSE). Quatro estudos utilizaram medidas de HbA1c e glicemia em jejum para avaliação de desfechos primários, enquanto outros dois utilizaram somente glicemia em jejum ou HbA1c. O percentual de presença dos participantes nas sessões de treinamento agendadas foi de aproximadamente 88%, com exceção do trabalho de Mogharnasi et al. (2019) que não informou acerca das ausências nas sessões.

Quatro estudos informaram os tempos de intervalos prescritos para os participantes. Em média, o tempo de intervalo entre os exercícios foi de 180 segundos e o tempo de repouso entre séries foi de 60 segundos. Dois estudos fizeram o uso de pausa de 90 segundos entre as séries nas quatro semanas finais do protocolo escolhido.

A intensidade dos treinos inclusos nos protocolos propostos pelos estudos foi classificada em baixa, moderada e alta intensidade, levando em consideração os dados fornecidos pelas investigações e a literatura já existente (SALLES et al., 2020). Classicamente o volume total de um protocolo de treinamento segue a fórmula tradicional (n° de séries x repetições x carga x frequência), porém, optamos por expressar o volume em séries como sugerido por Baz-Valle et al. (2021) por se tratar de uma medida simplificada, que pode se comportar como uma variável representativa do volume total de treinamento, já que a carga e o número de repetições estão implicitamente representados na intensidade do treino.

No estudo de Kadoglou et al. (2012) foram observados como desfechos reduções significativas nos níveis de HbA1c ($p < 0,02$) e da glicemia em jejum ($p < 0,001$) dos voluntários após 12 semanas de treinamento de média e alta intensidade. Participaram do estudo 52 homens e mulheres com 61,3

anos em média, fazendo o uso de hipoglicemiantes orais e com diagnóstico de DM2 há 6 anos em média. Os treinamentos ocorreram três vezes na semana e a taxa de presença dos participantes nas sessões foi a maior dentre os estudos selecionados (91%).

Em Mogharnasi et al. (2019), 30 mulheres de 40 a 55 anos fazendo o uso de metformina e glibenclamida foram randomizadas em 3 grupos e submetidas aos protocolos de treinamento pertinentes a cada grupo. Dez participantes integraram o grupo que realizou três sessões semanais de treinamento resistido com intensidades progressivas durante dez semanas. Após a intervenção, o grupo apresentou melhora significativa nos níveis de glicemia em jejum ($p < 0,001$), que inicialmente se encontrava na faixa de 182 ± 48 mg/dL e ao final do estudo 138 ± 43 mg/dL, enquanto o controle iniciou o estudo com a glicemia em jejum entre 159 ± 30 mg/dL e finalizou com 175 ± 40 mg/dL.

Os demais estudos selecionados ($n = 4$) utilizaram protocolos com volumes e intensidades de treino intermediárias ou baixas. Quanto aos participantes, nenhum desfecho relevante relacionado ao controle glicêmico foi observado, apenas melhoras em alguns parâmetros secundários que não são do escopo desse trabalho.

Tabela 1: Síntese das informações relevantes para análise adequada dos artigos selecionados

Artigo	Intensidade estimada	População	Tempo de intervenção	Volume de treino (semanas)	Presença	Resultados
(BOTTON <i>et al.</i> , 2018)	← Intensidade moderada (50-70% 1RM)	A) 44 indivíduos randomizados em 2 grupos; B) homens e mulheres; C) idade >60 anos; D) diagnosticados com DM2; E) não usuários de insulina; F) todos os participantes faziam uso de hipoglicemiantes orais.	12 semanas	A) 18 séries/semana nas primeiras 4 semanas; B) 27 séries/semana da 5ª a 8ª semana; C) 27 séries/semana da 9ª a 12ª semana. D) Total = 288 séries	87.3 ± 9.8%	Sem alterações estatisticamente significantes nos valores de HbA1c e Glicemia em jejum.
(RECH <i>et al.</i> , 2019)	← Intensidade moderada (50-70% 1RM)	A) 39 indivíduos randomizados em 2 grupos; B) homens e mulheres; C) idade >60 anos; D) diagnosticados com DM2; E) não usuários de insulina.	12 semanas	A) 60 séries/semana nas primeiras 4 semanas; B) 90 séries/semana da 5ª a 8ª semana; C) 90 séries/semana da 9ª a 12ª semana; D) Total = 960 séries.	87.3 ± 9.8%	Sem alterações estatisticamente significantes nos valores de HbA1c e Glicemia em jejum.
(HSIEH <i>et al.</i> , 2018)	← Intensidade moderada (50-70% 1RM) progressiva.	A) 30 indivíduos randomizados em 2 grupos; B) homens e mulheres; C) 65-80 anos; D) diagnosticados com DM2; E) HbA1c < 10%.	12 semanas	A) 72 séries/semana; B) Total = 864 séries.	88.7%	Sem alterações estatisticamente significantes nos valores de HbA1c e Glicemia em jejum.
(BENHAM <i>et al.</i> , 2020)	↑ Intensidade elevada (>70% 1RM)	A) 186 indivíduos randomizados em 3 grupos; B) homens e mulheres; C) diagnosticados com DM2.	26 semanas	A) 63 séries/semana; B) Total = 1638	85.9%	Sem alterações estatisticamente significantes nos valores de HbA1c e Glicemia em jejum.
(KADOGLU <i>et al.</i> , 2012)	←/↑ Intensidade moderada/elevada (>50% 1RM)	A) 52 indivíduos randomizados em 2 grupos; B) homens e mulheres; C) idade média de 61.3 ± 2.1 anos; D) fazendo o uso de hipoglicemiantes orais; E) IMC >25 kg/m ² ; F) diagnosticados com DM2	12 semanas	A) 72 séries/semana; B) Total = 864 séries.	91 ± 4%	A) ↓ HbA1c após a intervenção em relação ao GC ($p = 0.02$); B) ↓ Glicemia em jejum após a intervenção em relação ao GC ($p < 0.001$)
(MOGHARNASI <i>et al.</i> , 2019)	↓/←/↑ Intensidade baixa/moderada/elevada (30-50%, 50-70%, >70% 1RM) de maneira progressiva.	A) 30 indivíduos randomizados em 3 grupos; B) mulheres; C) 40-55 anos; D) diagnosticadas com DM2; E) em uso de metformina e glibenclamida.	10 semanas	A) 81 séries/semana; B) Total = 810 séries.	N/I	A) ↓ Glicemia em jejum após a intervenção em relação ao GC ($p < 0.001$)

DISCUSSÃO

Dois dos ensaios clínicos randomizados elegíveis para análise foram capazes de demonstrar uma melhora significativa no perfil glicêmico dos participantes expostos à intervenção. Kadoglou et al. (2012) e Mogharnasi et al. (2019) exploraram protocolos de treinamento de alta intensidade durante a realização do estudo e optaram por volumes de treino superiores a 70 séries/semana durante 12 e 10 semanas respectivamente. Um terceiro estudo (BENHAM et al., 2020) estabeleceu protocolos de intensidade elevada durante 26 semanas, com um volume de 63 séries semanais, porém, sem alterações

significativas no perfil glicêmico dos indivíduos. Contudo, esse foi o estudo que mais registrou faltas dentre os seis, o que resultou em um volume 15% menor do que o planejado inicialmente.

O volume é a variável mais importante a ser controlada em uma prescrição de treinamento resistido visando aumento da força e hipertrofia. Apesar de não existir consenso na literatura acerca da quantidade de volume ideal, alguns estudos sugerem uma relação dose-dependente entre volume, aumento de força e espessura muscular. Em um estudo conduzido em indivíduos saudáveis por Brigatto et al. (2020) foram comparados os efeitos da realização de três diferentes esquemas de treinamento com (G1) 80, (G2) 120 e (G3) 160 séries semanais a uma intensidade elevada (>70% 1RM), divididos entre 9 exercícios diferentes e 4 sessões de treinamento na semana por 8 semanas. No grupo que foi submetido à quantidades maiores de volume foram observados, pela ultrassonografia e qualidade muscular, aumentos significativos na espessura dos segmentos musculares avaliados (bíceps, tríceps e vasto lateral) da ordem de 3,1%, 7,0% e 9,4% ($p < 0,001$), enquanto no grupo submetido ao menor volume foram constatados aumentos de 0,5%, 0,8% e 2,1%. Nesse sentido, os resultados sugerem que esquemas de alta intensidade somados ao maior número de séries semanais, é mais eficaz ao promover mudanças desejáveis na composição corporal dos praticantes. (BRIGATTO et al., 2020).

Em paralelo, os estudos de Kadoglou et al. (2012) e Mogharnasi et al. (2019) que optaram por esquemas com volumes e intensidades, que na média foram superiores aos demais, obtiveram melhores desfechos nos valores de HbA1c e glicemia em jejum. Curiosamente, um desses estudos registrou o maior número de presenças nas sessões enquanto outro não relatou nenhuma informação acerca de faltas. Algumas investigações relataram um percentual de presença médio de 87,3%, porém com variações importantes entre os indivíduos, com voluntários participando de um número próximo de 100% das sessões, enquanto outros faltaram cerca de 20%. Tal discrepância pode ser apagada durante os cálculos das médias e mascarar desfechos positivos em indivíduos que realizaram as atividades adequadamente. Além disso, protocolos planejados para oferecer um volume intermediário podem acabar se transformando em esquemas de baixo volume por conta das ausências, especialmente quando se tratam de faltas consecutivas.

Um estudo publicado em 2005 (CAUZA et al., 2005) obteve reduções significativas nos níveis de HbA1c e glicemia em jejum em voluntários submetidos a um regime de treinamento de 10 exercícios, três vezes na semana, em intensidade moderada e elevada. Os volumes aplicados chegaram a 180 séries na semana. Após quatro meses de intervenção, os voluntários apresentaram reduções de 25% na glicemia em jejum ($p < 0,002$) e 15% na HbA1c ($p < 0,04$), além de uma diminuição de 9,7% na massa gorda. Portanto, a partir dessas observações é possível sugerir a hipótese de que existe uma relação dose-dependente entre volume e benefícios esperados nas medidas de glicemia em jejum e HbA1c.

A maioria dos pacientes diabéticos apresentam concomitantemente outras condições nas quais também há benefício em praticar exercícios, sendo as mais frequentes: obesidade, síndrome metabólica e hipertensão arterial sistêmica (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION et al., 2018; VILAR et al., 2001). Nesse contexto, o treinamento resistido de moderada e alta intensidade associado a volumes de treinos moderados e elevados também se mostrou eficaz em melhorar parâmetros associados às condições concomitantes ao DM2 como perfil lipídico, pressão arterial e composição corporal, apontando uma possibilidade de intervenção não farmacológica muito interessante, para o manejo de diversas doenças, como terapia adjacente e para promoção de saúde (CAUZA, Edmund et al., 2005; BRIGATTO, Felipe A. et al., 2019; NELSON, Miriam E. et al. 1994; EVANS, Parker L. et al. 2019). Também

existem benefícios ao associar atividades aeróbicas com o exercício resistido conforme demonstraram Benham et al. (2020) e Delagardelle et al. (1999).

Existem fatores limitantes que dificultam a análise dos estudos em questão. O primeiro é a ausência de informações acerca do desempenho dos participantes nos treinamentos, que impossibilitam concluir, qual seria a efetividade dos protocolos de treinamento à análise dos resultados. O segundo, é a grande variabilidade de resultados possíveis para dosagem da glicemia em jejum, que podem produzir relações de significância estatística falhas em um contexto de estudos com pequeno número de participantes. A HbA1c surge como alternativa por se tratar de uma variável menos volátil. Como a maioria ($n = 5$) dos estudos analisados teve duração ≤ 12 semanas, é muito provável que os valores finais obtidos de HbA1c não sejam completamente representativos, visto que a mensuração dessa variável sofre influência dos 3 meses anteriores, o que resulta em um valor presente com algum grau de herança estatística. Talvez seja necessário que os estudos sejam conduzidos com um melhor monitoramento dos participantes, no que tange ao desempenho das atividades físicas, para que as variáveis utilizadas para avaliação de desfechos primários forneçam valores mais realistas.

CONCLUSÃO

O treinamento resistido pode ser eficaz em reduzir os níveis glicêmicos em pacientes com DM2. Os estudos que utilizaram de protocolos de treinamento com volume e intensidade mais elevados apresentaram os melhores resultados, enquanto intensidades associadas a volumes de treino intermediários ou baixos, não se mostraram eficazes em promover reduções significativas nos valores de HbA1c e glicemia em jejum.

É possível que exista uma relação dose-dependente entre o volume de treino e as reduções esperadas nos níveis de glicose sanguínea, entretanto são necessários estudos com maior tempo de duração para avaliar a persistência e a validade dos resultados encontrados até agora.

REFERÊNCIAS

- ALBERTI, G. et al. Type 2 Diabetes in the Young: the evolving epidemic. **Diabetes Care**, [S.L.], v. 27, n. 7, p. 1798-1811, 25 jun. 2004. American Diabetes Association.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION et al. 2. Classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes—2018. **Diabetes care**, v. 41, n. Supplement 1, p. S13-S27, 2018.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION et al. 8. Cardiovascular disease and risk management. **Diabetes care**, v. 38, n. Supplement 1, p. S49-S57, 2015.
- BARON, A. D. et al. Rates and tissue sites of non-insulin-and insulin-mediated glucose uptake in humans. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 255, n. 6, p. E769-E774, 1988.
- BAZ-VALLE, E. et al. Total number of sets as a training volume quantification method for muscle hypertrophy: a systematic review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 35, n. 3, p. 870-878, 2021.
- BENHAM, Jamie L. et al. Significant Dose-Response between Exercise Adherence and Hemoglobin A1c Change. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, [S.L.], v. 52, n. 9, p. 1960-1965, 16 mar. 2020. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).

- BOTTON, Cíntia E. et al. Effects of resistance training on neuromuscular parameters in elderly with type 2 diabetes mellitus: a randomized clinical trial. **Experimental Gerontology**, [S.L.], v. 113, p. 141-149, nov. 2018. Elsevier BV.
- BRAITH, Randy W.; BECK, Darren T. Resistance exercise: training adaptations and developing a safe exercise prescription. **Heart failure reviews**, v. 13, n. 1, p. 69-79, 2008.
- BRIGATTO, Felipe A. et al. High Resistance-Training Volume Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men. **Journal of strength and conditioning research**, 2019.
- CAUZA, Edmund et al. 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**, [S.L.], v. 86, n. 8, p. 1527-1533, ago. 2005.
- DEFRONZO, R. et al. Synergistic interaction between exercise and insulin on peripheral glucose uptake. **The Journal of clinical investigation**, v. 68, n. 6, p. 1468-1474, 1981.
- DEFRONZO, R. et al. Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. **Medical clinics**, v. 88, n. 4, p. 787-835, 2004. Vilar endocrinologia clínica
- DEVLIN, J. et al. Effects of Prior High-Intensity Exercise on Glucose Metabolism in Normal and Insulin-resistant Men. **Diabetes**, [S.L.], v. 34, n. 10, p. 973-979, 1 out. 1985. American Diabetes Association.
- EVANS, P. et al. Regulation of skeletal muscle glucose transport and glucose metabolism by exercise training. **Nutrients**, v. 11, n. 10, p. 2432, 2019.
- HSIEH, P. et al. Resistance Training Improves Muscle Function and Cardiometabolic Risks But Not Quality of Life in Older People With Type 2 Diabetes Mellitus: a randomized controlled trial. **Journal Of Geriatric Physical Therapy**, [S.L.], v. 41, n. 2, p. 65-76, abr. 2018. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).
- KADOGLU, N. et al. The effects of resistance training on ApoB/ApoA-I ratio, Lp(a) and inflammatory markers in patients with type 2 diabetes. **Endocrine**, [S.L.], v. 42, n. 3, p. 561-569, 11 mar. 2012. Springer Science and Business Media LLC.
- KITAGAWA, T. et al. Increased incidence of non-insulin dependent diabetes mellitus among Japanese schoolchildren correlates with an increased intake of animal protein and fat. **Clinical pediatrics**, v. 37, n. 2, p. 111-115, 1998.
- MOGHARNASI, M. et al. The Effects of Resistance and Endurance Training on Levels of Nesfatin-1, HSP70, Insulin Resistance and Body Composition in Women with Type 2 Diabetes Mellitus. **Science & Sports**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 15-23, fev. 2019. Elsevier BV.
- NELSON, M. et al. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures: a randomized controlled trial. **Jama**, v. 272, n. 24, p. 1909-1914, 1994.
- RAO, P. Type 2 diabetes in children: clinical aspects and risk factors. **Indian journal of endocrinology and metabolism**, v. 19, n. Suppl 1, p. S47, 2015.
- RECH, A. et al. Effects of short-term resistance training on endothelial function and inflammation markers in elderly patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. **Experimental Gerontology**, [S.L.], v. 118, p. 19-25, abr. 2019. Elsevier BV.
- SALLES, B. et al. 11ed. Método de treinamento para força e hipertrofia : da teoria à prática. Belo Horizonte: Livro na Mão, 2020. 128 p.

VILAR, L. et al. **Endocrinologia clínica**. In: Endocrinologia clínica. 2001. p. 939-939.

YOUNG, T. et al. Type 2 diabetes mellitus in children: prenatal and early infancy risk factors among native Canadians. **Archives of pediatrics & adolescent medicine**, v. 156, n. 7, p. 651-655, 2002.