

EFEITOS DOS TREINAMENTOS COMBINADO E INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE NO CONTROLE GLICÊMICO E NA APTIDÃO FÍSICA EM PACIENTES DIABÉTICOS DO TIPO 2: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Cauê Padovani¹, Regiane Maria da Costa Arruda¹, Luciana Maria Malosá Sampaio¹

RESUMO

Introdução: O diabetes tipo 2 (DT2) é uma doença complexa que afeta milhões de pessoas mundialmente. O DT2 pode ser responsável por disfunção cardiometabólica e impacto negativo na aptidão física. **Objetivo:** Realizar uma revisão sistemática dos ensaios clínicos randomizados que investigam os efeitos no controle glicêmico e aptidão física resultantes do treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI) ou treinamento combinado (TC) versus treinamento aeróbio contínuo (TAC) na população de DT2. **Materiais e métodos:** As pesquisas foram realizadas nas bases de dados PubMed, Scielo e PEDro. A estratégia de busca PICO foi adotada: P (paciente) = pacientes com DT2; I (intervenção) = TC e TIAI; C (controle) = TAC; O (resultado) = pico de VO₂ (pico de consumo de oxigênio) e HbA1c% (hemoglobina glicosilada). **Resultados:** Um total de 10 estudos envolvendo 578 participantes foram incluídos. A duração dos treinamentos variou de 6 a 36 semanas e a frequência variou de 3 a 5 dias por semana. Estudos com TIAI utilizaram intensidade ≥85% do VO₂ pico intercalados com exercícios de intensidade inferior e os estudos com TC utilizaram intensidade moderada de treinamento aeróbio contínuo (50-85% do VO₂ pico) associado ao treinamento de resistência. Os resultados sugerem maior efetividade do TC comparado ao TAC na melhoria dos níveis de HbA1c. Já o TIAI foi mais eficaz que o TAC no aumento do VO₂ pico. **Conclusão:** O presente estudo sugere que o TC e o TIAI podem ser as modalidades de exercício mais eficientes para melhorar o controle glicêmico e a aptidão física, respectivamente, em pacientes com DT2.

Palavras-chave: Diabetes mellitus tipo 2. Hemoglobina glicada. Exercício físico. Treinamento intervalado de alta intensidade.

1 - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Nove de Julho (UNINOVE), São Paulo-SP, Brasil.

ABSTRACT

Effects of combined and high-intensity interval training on glycemic control and physical fitness in type 2 diabetic patients: a systematic review

Introduction: Type 2 diabetes (T2D) is a complex disease that affects millions of people worldwide. T2D may be responsible for cardiometabolic dysfunction and a negative impact on physical fitness. **Objective:** To perform a systematic review of randomized controlled trials investigating the effects on glycemic control and physical fitness resulting from high-intensity interval training (HIIT) or combined training (CT) versus continuous aerobic training (CAT) in the T2D population. **Materials and methods:** Searches were performed in PubMed, Scielo and PEDro databases. The PICO search strategy was adopted: P (patient) = patients with T2D; I (intervention) = CT and HIIT; C (control) = CAT; O (outcome) = VO₂ peak (peak oxygen consumption) and HbA1c% (glycosylated hemoglobin). **Results:** A total of 10 studies enrolling 578 participants were included. The duration of training ranged from 6 to 36 weeks and the frequency ranged from 3 to 5 days a week. HIIT studies used intensity ≥85% of VO₂ peak interspersed with lower intensity exercises and CT studies used moderate intensity continuous aerobic training (50-85% of VO₂ peak) associated with resistance training. The results suggest greater effectiveness of CT compared to CAT in improving HbA1c levels. HIIT was more effective than CAT in increasing VO₂ peak. **Conclusion:** The present study suggests that CT and HIIT might be the most efficient exercise modalities to improve glycemic control and physical fitness, respectively, in T2D patients.

Key words: Type 2 diabetes mellitus. Glycated hemoglobin. Exercise training. High-intensity interval training.

E-mail dos autores:
cauepadovani@hotmail.com
ft.regianecosta@gmail.com
luciana.malosa@gmail.com

INTRODUÇÃO

O diabetes tipo 2 (DT2) é uma doença complexa que afeta milhões de pessoas em todo o mundo.

DT2 é um distúrbio metabólico crônico caracterizado por hiperglicemia resultante da incapacidade das células musculares em responder adequadamente à insulina (resistência à insulina) ou secreção compensatória inadequada de insulina ou ambas.

O DT2 surge de uma combinação de suscetibilidade genética e fatores ambientais, incluindo inatividade física e má nutrição (obesidade) (Colberg e colaboradores, 2010; Stanford e Goodyear, 2014).

Indivíduos com DT2 apresentam aptidão cardiorrespiratória reduzida, caracterizada por menor pico de consumo de oxigênio pulmonar (VO_2 pico).

Além disso, a subsequente hiperglicemia crônica causa glicação dos tecidos, o que quase inevitavelmente leva a distúrbios agudos no metabolismo e danos a longo prazo a órgãos, principalmente vasos sanguíneos, coração e nervos, e graves complicações à saúde.

Portanto, o DT2 é uma causa significativa de mortalidade e morbidade prematura relacionadas às doenças cardiovasculares, cegueira, doenças renais e nervosas e amputação (Colberg e colaboradores, 2010; Stanford e Goodyear, 2014).

No DT2 o objetivo do tratamento é alcançar e manter níveis ótimos de glicose no sangue, lipídios e pressão arterial, e prevenir ou retardar o desenvolvimento de complicações crônicas do diabetes.

O exercício físico é fundamental para o tratamento do DT2, para ajudar a alcançar e manter objetivos terapêuticos e melhorar a qualidade de vida (Zanuso e colaboradores, 2009; American Diabetes Association, 2011).

Estudos recentes mostraram que o exercício físico reduz a hiperglicemia, a resistência à insulina e pode prevenir ou retardar o DT2, além de afetar positivamente lipídios, pressão arterial, eventos cardiovasculares, mortalidade e qualidade de vida (Maiorana e colaboradores, 2002; Filippis e colaboradores, 2006; Snowling e Hopkins, 2006; Sigal e colaboradores, 2007).

De acordo com esses achados, as diretrizes de exercício (American College of

Sports Medicine e American Diabetes Association) recomendam que a maioria dos indivíduos com DT2 acumule pelo menos 150 minutos de exercício aeróbico moderado a vigoroso por semana para alcançar uma redução ótima do risco de doenças cardiovasculares. O exercício aeróbico contínuo (por exemplo, caminhada, ciclismo, natação e corrida) tem sido o modo tradicionalmente prescrito para prevenção e controle do diabetes (Zanuso e colaboradores, 2009; Colberg e colaboradores, 2010; American Diabetes Association, 2011; Mitranun e colaboradores, 2014).

O treinamento resistido, que é o exercício de força muscular para mover um peso ou trabalhar contra uma carga resistiva (por exemplo, exercícios com pesos livres ou aparelhos de musculação) também pode ser usado como intervenção.

O treinamento resistido aumenta a força e o tamanho muscular quando realizado regularmente em intensidade suficiente (Colberg e colaboradores, 2010).

Idealmente, os componentes aeróbicos e de resistência são incluídos em um programa de treinamento individualizado chamado treinamento combinado (TC).

Esse tipo de treinamento melhora a capacidade aeróbia, força e resistência muscular e preserva a massa muscular, contribuindo de maneira importante para melhorias no perfil de risco cardiovascular, morbidade e mortalidade (Kim e colaboradores, 2010; Bassi e colaboradores, 2016).

Estudos recentes mostraram que a combinação de exercícios aeróbicos e resistidos pode ser mais eficaz do que a realização de ambos de maneira isolada na melhora do controle glicêmico em pacientes com DT2 (Sigal e colaboradores, 2007; Church e colaboradores, 2010).

Dado que a "falta de tempo" é a barreira mais comumente citada para a realização de exercícios regulares, independentemente de sexo, idade, etnia ou estado de saúde, e a adesão a programas de exercícios estruturados baseados em sessões contínuas e submáximas (ou seja, < 80% do VO_2 pico) de exercício prolongado (30-60 min) é baixa, isso aumenta a possibilidade intrigante de que períodos mais curtos (1-5 min) de exercício intenso (> 85% do VO_2 pico) podem ser a estratégia mais eficaz para garantir maior adesão e, assim, melhorar a saúde cardiometabólica e reduzir o risco de DT2.

Estudos recentes investigaram se o treinamento intervalado de alta intensidade (TIAI) seria uma estratégia eficiente em termos de tempo para melhorar a saúde e o condicionamento físico e se poderia ser aplicado a pessoas com DT2 como uma intervenção para melhorar a regulação da glicose e a função cardiorrespiratória (Bird e Hawley, 2012; Stanford e Goodyear, 2014).

Existem apenas alguns estudos sobre o assunto abordado e suas respostas fisiológicas ainda não foram totalmente estabelecidas. Estudos anteriores examinaram esses exercícios juntos e separados, mas não compararam os efeitos do TIAI e do TC no controle glicêmico e na aptidão física em pacientes com DT2.

Atualmente, embora a atividade física seja um elemento-chave na prevenção e tratamento da DT2, a estratégia de exercício mais eficaz (frequência, intensidade, duração e tipo ideal de exercício) para alcançar objetivos terapêuticos como melhorar o controle da glicose e a aptidão física em pacientes com DT2 ainda não foi definida.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é realizar uma revisão de publicações de ensaios clínicos randomizados (ECR) na população de DT2 que investiga o efeito no controle glicêmico e alterações na aptidão física resultantes do TIAI ou TC versus treinamento aeróbio contínuo (TAC).

MATERIAIS E MÉTODOS

Uma revisão sistemática foi realizada conforme detalhado no protocolo registrado no International Prospective Register Of Systematic Reviews (PROSPERO) - um banco internacional de dados de revisões sistemáticas, prospectivamente registradas, em saúde e assistência social (Booth e colaboradores, 2012) (número de registro CRD42018092926).

Uma busca sistemática de todos os ECR foi realizada por dois autores, de acordo com as diretrizes propostas pela Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analyses: The PRISMA Statement (Moher e colaboradores, 2009). Os critérios utilizados para considerar os estudos para esta revisão estão listados a seguir.

Crítérios de inclusão

Os critérios de inclusão para esta revisão sistemática foram participantes com idade ≥ 18 anos, diagnosticados com DT2 de acordo com a American Diabetes Association (ADA) (American Diabetes Association, 2010) e sedentários nos últimos seis meses.

Pacientes submetidos ao TIAI (VO_2 pico $\geq 85\%$ ou frequência cardíaca máxima [FCM] $\geq 85\%$ intercalados com repouso ou exercícios de baixa intensidade) ou TC (exercício aeróbio contínuo combinado com exercício de resistência) versus TAC (50-85% de pico de VO_2 ou 50-85% de FCM), em regime ambulatorial por pelo menos 6 semanas.

Os desfechos primários utilizados na revisão foram aptidão física (VO_2 pico) e hemoglobina glicosilada (HbA1C%). A avaliação dessas variáveis deve ter sido realizada antes e após a intervenção.

Crítérios de exclusão

Foram excluídos os resumos, apresentações em conferências ou pôsteres, cartas ao editor ou capítulos de livros, artigos não publicados ou desenhos retrospectivos.

Além disso, os estudos foram excluídos se os dados da linha de base não foram publicados, se o pico de VO_2 ou a HbA1C% não foram utilizados como desfechos primários ou secundários, ou se a principal intervenção da revisão (TIAI ou TC) foi comparada com grupo controle saudável ou sem treinamento.

Pesquisa da literatura

As bases de dados PubMed, Scielo e PEDro foram sistematicamente pesquisadas. Esta revisão incluiu artigos completos publicados em revistas acadêmicas revisadas por pares. Somente ECR até março de 2020 foram elegíveis. A estratégia de busca PICO foi adotada: P (paciente) = diabetes mellitus tipo 2; I (intervenção) = TC e TIAI; C (controle) = TAC; O (resultado) = pico de VO_2 (pico de consumo de oxigênio) e HbA1c% (hemoglobina glicosilada).

Os principais termos de pesquisa foram formulados em consulta com um bibliotecário da universidade. A estratégia de pesquisa incluiu uma combinação de palavras-chave selecionadas de acordo com o Medical Subject Headings (MeSH) da Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (NLM) e termos

de texto livre para os principais conceitos (População e Intervenção) com filtros para limitar a pesquisa de ECR.

Os descritores utilizados para a pesquisa foram: “type 2 diabetes mellitus AND high intensity interval exercise”; “type 2 diabetes mellitus AND high intensity interval training”; “type 2 diabetes mellitus AND combined training”; “type 2 diabetes mellitus AND combined exercise”. As listas de referências dos artigos encontrados foram examinadas em busca de novas referências.

Seleção dos estudos

Todos os resultados da pesquisa foram inseridos no Endnote, uma ferramenta de gerenciamento de referências, e as duplicatas foram removidas. As referências identificadas pela estratégia de busca foram rastreadas por título e resumo e, estudos irrelevantes foram descartados.

Para seleção, os resumos tiveram que identificar claramente o desenho do estudo, uma população apropriada e componentes relevantes da intervenção, conforme descrito acima. Os textos completos de todos os ensaios potencialmente relevantes foram obtidos e avaliados independentemente por dois autores da revisão quanto à elegibilidade, com base nos critérios de inclusão definidos.

Extração de dados

Os dados dos artigos incluídos na revisão foram extraídos e inseridos diretamente em um único formulário de coleta de dados, que consiste na fonte primária de informações, e incluiu dados relevantes sobre os critérios de inclusão (desenho do estudo; participantes; intervenções, incluindo tipo de exercício, frequência, duração, intensidade e modalidade), comparações e resultados. O processo de extração de dados foi realizado de forma independente por dois revisores.

Desentendimentos sobre elegibilidade foram resolvidos por consenso ou um terceiro revisor foi acionado para julgar quaisquer disputas. Os autores dos estudos foram

contatados e solicitados a fornecer dados adicionais, se necessário. O estudo foi excluído da revisão se nenhuma resposta foi recebida. O processo de seleção foi inserido em um diagrama PRISMA (Figura 1).

Avaliação da qualidade

Todos os artigos identificados e sua qualidade metodológica foram avaliados independentemente por dois revisores e um consenso alcançado pela consulta de um terceiro revisor, se necessário. A qualidade do estudo foi avaliada usando a escala

The Physiotherapy Evidence Database Scale (PEDro-Scale). Essa ferramenta compreende uma lista de critérios de 11 itens, que permite a rápida identificação de estudos com validade interna e é baseada na lista Delphi desenvolvida por Verhagen e colaboradores (1998).

A escala PEDro incluiu critérios de elegibilidade (não usados para calcular o escore), alocação aleatória, ocultação de base, ocultação de sujeitos, ocultação de terapeuta, ocultação de avaliador, adequação do acompanhamento, análise com intenção de tratar, análise estatística entre grupos, estimativas pontuais e medidas de variabilidade. Os itens são marcados como presentes (sim / 1) ou ausentes (não / 0), e uma pontuação até 10 é obtida (Sherrington e colaboradores, 2000).

RESULTADOS

Resultados da pesquisa

A pesquisa inicial resultou em 467 referências. Após a remoção das duplicatas, os títulos e resumos de 138 estudos foram revisados. Após uma triagem de registros em potencial, 33 artigos foram revisados na íntegra e as listas de referências rastreadas. Foram identificados 10 ECR que preenchem os critérios de elegibilidade para a revisão sistemática (Figura 1).

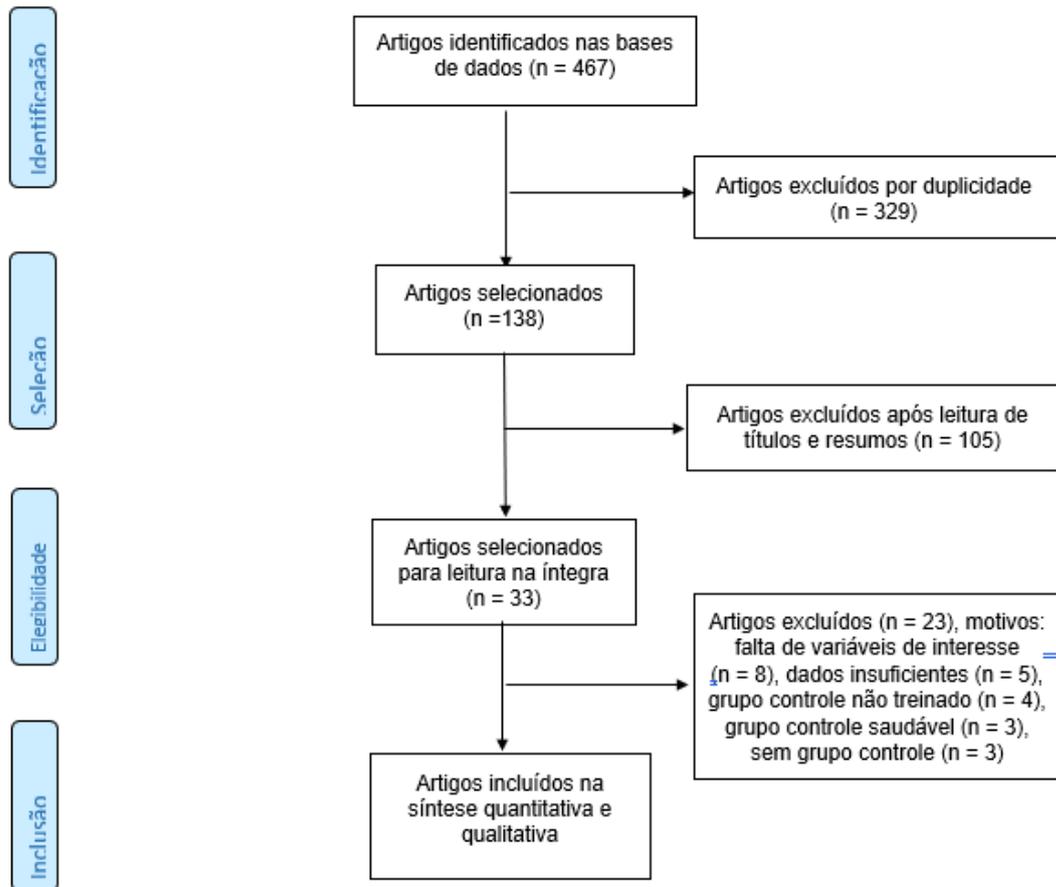


Figura 1 - Fluxograma PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis).

Qualidade dos estudos

A escala PEDro foi utilizada para analisar a qualidade dos estudos. Dez estudos foram pontuados por dois autores de forma independente, e discrepâncias foram discutidas e resolvidas. Dos 10 estudos, 8 (80%) eram de boa qualidade e 2 (20%) eram de qualidade mediana (Tabela 1).

Características dos estudos

Dez estudos foram incluídos na revisão sistemática e todos foram publicados em inglês. Os ECR foram realizados nos EUA (n=2), Canadá (n=4), Brasil (n=1), Noruega (n=1) e Dinamarca (n=2).

O número total de participantes analisados em todos os estudos foi de 578 (71 no TIAI, 223 no TC e 284 no TAC).

Sobre a discriminação de gênero, foram relatados 301 homens e 277 mulheres. A faixa etária dos participantes foi de 40 a 68

anos, com a maioria dos estudos relatando idades médias ≤ 60 anos (Tabela 1).

A duração da intervenção variou de 6 a 36 semanas. Em três estudos a duração do treinamento foi de 12 semanas (Jorge e colaboradores, 2011; Terada e colaboradores, 2013; Hollekim-Strand e colaboradores, 2014), dois estudos com duração de 16 semanas (Marcus e colaboradores, 2008; Karstoft e colaboradores, 2013), um estudo com 11 semanas de treinamento (Winding e colaboradores, 2018), um estudo com 22 semanas (Sigal e colaboradores, 2007), um estudo com 24 semanas (Larose e colaboradores, 2011), um estudo com duração de 36 semanas (Church e colaboradores, 2010) e um estudo com 6 semanas de treinamento (Jung e colaboradores, 2015) (Tabela 1).

A frequência de treinamento utilizado durante a intervenção variou de 3 a 5 dias / semana. Seis estudos realizaram a intervenção 3 dias / semana (Sigal e colaboradores, 2007; Marcus e colaboradores, 2008; Jorge e

colaboradores, 2011; Larose e colaboradores, 2011; Hollekim-Strand e colaboradores, 2014; Winding e colaboradores, 2018) e quatro estudos realizaram a intervenção 5 dias / semana (Church e colaboradores, 2010; Terada e colaboradores, 2013; Karstoft e colaboradores, 2013; Jung e colaboradores, 2015) (Tabela 1).

Dos dez estudos descritos (5 para TIAI e 5 para TC), nove relataram o tipo de exercício utilizado durante as sessões de treinamento. Quatro estudos utilizaram primariamente cicloergômetro (Jorge e colaboradores, 2011; Hollekim-Strand e colaboradores, 2014; Jung e colaboradores, 2015; Winding e colaboradores,

2018), quatro estudos utilizaram cicloergômetro e esteira (Sigal e colaboradores, 2007; Marcus e colaboradores, 2008; Larose e colaboradores, 2011; Terada e colaboradores, 2013) e um estudo utilizou apenas caminhada (Karstoft e colaboradores, 2013) (Tabela 1).

A maioria dos estudos com TIAI conduziu o exercício dentro das diretrizes de intensidade ($\geq 85\%$ do VO_2 pico ou $\geq 85\%$ da FCM) intercalados com exercícios de baixa intensidade e os estudos com TC utilizaram intensidade moderada de treinamento aeróbio contínuo (50-85% do VO_2 pico ou 50-85% da FCM) associado a um programa de treinamento de resistência (Tabela 1).

Tabela 1 - Características dos estudos incluídos - descrição clínica, demográfica e de intervenção.

Autores	Qualidade dos estudos	Variáveis estudadas	População	n	Idade (anos)	Descrição da intervenção	
						Tipo, Intensidade	Frequência, Duração
Winding e colaboradores (2018)	P-5	Controle glicêmico, VO_2 pico, composição corporal	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TIAI (n=13)	54±8	TIAI supervisionado em cicloergômetro, 10×1min a 95% do VO_2 pico, intercalado por 1min de recuperação de baixa intensidade (20% do VO_2 pico), 20 min / sessão	3 sessões / semana, 11 semanas
				Controle - TAC (n=12)	58±8		
Jung e colaboradores (2015)	P-4	VO_2 pico, adesão à prescrição do exercício	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TIAI (n=15)	51±11	TIAI supervisionado em cicloergômetro, 10×1min a 90% da FCM, separado por 1min de recuperação ativa (baixa intensidade)	5 sessões / semana, 6 semanas
				Controle - TAC (n=17)	51±10		
Hollekim-Strand e colaboradores (2014)	P-6	Função diastólica e sistólica, VO_2 pico, HbA1C%, dilatação mediada por fluxo da artéria braquial	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TIAI (n=24)	58±5	TIAI supervisionado em cicloergômetro, 4x4min a 90% - 95% da FCM, separados por 4min de intervalo	3 sessões / semana, 12 semanas
				Controle - TAC (n=23)	54±5		
Karstoft e colaboradores (2013)	P-6	VO_2 pico, composição corporal, controle glicêmico	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TIAI (n=12)	57±2	Treino de caminhada com intervalo composto por ciclos de 3min de caminhada rápida (acima de 70% da FCM) e 3min de caminhada lenta (abaixo de 70% da FCM), 60min / sessão	5 sessões / semana, 16 semanas
				Controle - TAC (n=12)	60±2		

Terada e colaboradores (2013)	P-7	HbA1C%, composição corporal, perfil lipídico, VO ₂ pico	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TIAI (n=7)	62±3	O protocolo de TIAI supervisionado envolveu alternar entre intervalos de 1 minuto em 100% do VO ₂ pico, seguidos por intervalos de recuperação de 3 minutos em 20% do VO ₂ pico. Cicloergômetro, e caminhada em esteira foram realizados alternadamente para a variação de exercícios	5 sessões / semana, 12 semanas.
				Controle - TAC (n=8)	63±5		
Jorge e colaboradores (2011)	P-5	VO ₂ pico, HbA1C%, perfil lipídico, pressão arterial, marcadores inflamatórios	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TC (n=12)	57±9	60 minutos de TC supervisionado, o treinamento aeróbio consistia em pedalar na frequência cardíaca correspondente ao limiar de lactato e o treinamento resistido consistia em um circuito de 7 exercícios focado nos grandes grupos musculares	3 sessões / semana, 12 semanas.
				Controle - TAC (n=12)	52±8		
Larose e colaboradores (2011)	P-4	VO ₂ pico, HbA1C%	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TC (n=64)	53±7	A intensidade do treinamento aeróbio (esteira ou cicloergômetro) foi de 60% a 75% da FCM e o treinamento de resistência consistiu em 7 exercícios resistidos realizados em aparelhos de musculação	3 sessões / semana, 24 semanas.
				Controle - TAC (n=60)	53±8		
Church e colaboradores (2010)	P-7	VO ₂ pico, HbA1C%, perfil lipídico, pressão arterial	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TC (n=76)	55±8	A intensidade do treinamento aeróbio foi de 50% a 80% do VO ₂ pico e o treinamento de resistência consistiu em 10 a 12 repetições de 4 exercícios de membros superiores, 3 exercícios de membros inferiores, flexões e extensões de tronco	150 minutos / semana de treinamento aeróbio e 2 sessões / semana de treinamento de resistência, 36 semanas
				Controle - TAC (n=72)	53±9		
Marcus e colaboradores (2008)	P-5	HbA1C%, índice de massa corporal, distância caminhada no teste de 6 minutos, massa magra da coxa, gordura intramuscular	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TC (n=7)	50±7	50 minutos de TC supervisionado, a intensidade do treinamento aeróbio foi de 60% a 85% da FCM e o treinamento de resistência consistiu em um programa excêntrico de exercícios resistidos em um deslizante excêntrico reclinado	3 sessões / semana, 16 semanas.
				Controle - TAC (n=8)	58±6		
Sigal e colaboradores (2007)	P-8	HbA1C%, composição corporal, perfil lipídico, pressão arterial	Pacientes diabéticos tipo 2	Intervenção - TC (n=64)	53±7	O treinamento aeróbio consistiu em exercícios em esteira ou bicicleta ergométrica. Os participantes progrediram de 15 a 20 minutos por sessão em 60% da FCM para 45 minutos por sessão em 75% da FCM. O treinamento resistido consistiu em 7 exercícios diferentes em aparelhos de musculação a cada sessão, progredindo para 2 a 3 séries de cada exercício com o peso máximo que podia ser levantado 7 a 9 vezes	3 sessões / semana, 22 semanas.
				Controle - TAC (n=60)	54±6		

Legenda: P, Escala PEDro; TIAI, treinamento intervalado de alta intensidade; TAC, treinamento aeróbio contínuo; FCM, frequência cardíaca máxima; VO₂ pico, pico de consumo de oxigênio; HbA1C, hemoglobina glicosilada; TC, treinamento combinado.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo expandiram nosso conhecimento sobre os tipos de exercícios e seus benefícios em pacientes com DT2.

A comparação entre TIAI ou TC versus TAC, especificamente no VO₂ pico e HbA1c, ainda não havia sido relatada em revisões

anteriores nessa população. Diferentemente da nossa pesquisa, em outros estudos a intervenção principal (TIAI ou TC) foi comparada com grupo controle saudável ou grupo controle não treinado. Nossos resultados sugerem que TIAI e TC são intervenções eficazes que têm o potencial de melhorar a saúde cardiometabólica de populações com DT2. Segundo os estudos revisados, o TC foi

mais eficaz na redução da HbA1c em comparação com o TAC e o TIAI foi mais eficaz na melhora do pico de VO₂ quando comparado ao TAC.

Cinco estudos apresentados nesta revisão investigaram os efeitos do TC na HbA1c em pacientes com DT2 (Sigal e colaboradores, 2007; Church e colaboradores, 2010; Jorge e colaboradores, 2011; Marcus e colaboradores, 2008; Larose e colaboradores, 2011). Os presentes dados sugerem que o TC pode ser a modalidade de exercício mais eficaz para melhorar o controle glicêmico de pacientes com DT2.

Esses achados corroboram com estudos anteriores que demonstraram que o treinamento aeróbio ou de resistência realizados de forma isolada melhoram o controle glicêmico em pacientes com DT2, mas as melhorias são mais impactantes no TC (Schwingshackl e colaboradores, 2014).

O treinamento aeróbio envolve atividade contínua de vários grandes grupos musculares, enquanto o treinamento resistido envolve atividade breve e isolada de grupos musculares únicos. O treinamento aeróbio e o treinamento de resistência isoladamente levaram a melhorias no controle glicêmico, mas o TC teve efeitos mais significativos do que os de qualquer método isolado (Sigal e colaboradores, 2007).

De acordo com um modelo mecanicista que liga a combinação de treinamento aeróbio e de resistência com a melhora da HbA1c em pacientes com DT2, o treinamento de resistência aumenta a sensibilidade à insulina por meio de um aumento no conteúdo do transportador de glicose (GLUT-4) e uma amplificação da sinalização de insulina no músculo (Tabata e colaboradores, 1999; Wojtaszewski, Nielsen e Richter, 2002).

O treinamento aeróbio aumenta a expressão de GLUT-4 no tecido adiposo e no músculo esquelético de pacientes com DT2, no entanto, o benefício dessa adaptação parece depender da função ideal das células beta (Hussey e colaboradores, 2012).

Além da redução da HbA1c (Sigal e colaboradores, 2007; Schwingshackl e colaboradores, 2014), um protocolo de TC por 36 semanas foi capaz de reduzir o consumo de medicamentos para diabetes (Church e colaboradores, 2010).

Também é importante observar que em pacientes com DT2, o nível de HbA1c fora da faixa alvo foi o mais forte preditor de acidente

vascular cerebral e infarto agudo do miocárdio (Rawshani e colaboradores, 2018).

Além disso, uma diminuição absoluta de 1% nos níveis de HbA1c foi associada a uma diminuição de 15% a 20% nos principais eventos de doenças cardiovasculares e 37% nas complicações microvasculares (Selvin e colaboradores, 2004).

Nesse contexto, nossos resultados apontam para o uso do TC como alternativa para melhorar o controle glicêmico, reduzir os níveis de HbA1c e, assim, diminuir os riscos cardiovasculares em pacientes com DT2.

Cinco estudos também apresentados nesta revisão investigaram os efeitos do TIAI no VO₂ pico (Terada e colaboradores, 2013; Karstoft e colaboradores, 2013; Hollekim-Strand e colaboradores, 2014; Jung e colaboradores, 2015; Winding e colaboradores, 2018).

Os resultados sugerem que o TIAI é mais eficaz que o TAC para aumentar o VO₂ pico, melhorando a aptidão física dos pacientes com DT2. O significado clínico desses achados é destacado pelo fato de a baixa aptidão cardiorrespiratória ser um preditor independente de mortalidade em indivíduos com e sem DT2 (Wei e colaboradores, 2000; Church e colaboradores, 2004; Little, 2015).

Nossos resultados corroboram com revisões anteriores que demonstraram que o TIAI melhora a aptidão cardiorrespiratória com efeitos de moderados a grandes em adultos jovens saudáveis, sedentários ou pouco ativos, e em adultos com distúrbios cardiometabólicos (Batacan e colaboradores, 2017).

O TIAI ganhou recentemente popularidade como uma estratégia potencial de exercício para melhorar a saúde, que é eficiente em termos de tempo e distinto do TAC tradicional (Gibala e colaboradores, 2012; Weston, Wisløff e Coombes, 2014).

O TIAI tem aplicações clínicas em indivíduos que precisam melhorar sua aptidão física, pois ele pode aumentar rapidamente o VO₂ pico por meio do aumento da densidade mitocondrial, resultando na geração de mais trifosfato de adenosina (ATP) para os músculos ativos, produzindo maior geração de força por um tempo mais prolongado.

O TIAI também é capaz de aumentar a capacidade difusiva do músculo esquelético, melhorando a capacidade aeróbia (Gibala, 2009).

Portanto, sugerimos que a implementação do TIAI possa fornecer

benefícios substanciais aos pacientes com DT2 e pode ser uma adição inteligente a qualquer programa de exercícios.

Seja usado no lugar do TAC quando o tempo é escasso ou adicionado às abordagens tradicionais de exercícios para promover variedade, o TIAI tem o potencial de melhorar a saúde cardiometabólica no DT2.

Limitações

A principal limitação desta revisão sistemática é o tamanho modesto da amostra.

No entanto, nossa revisão incluiu apenas estudos com um verdadeiro grupo experimental comparando TC ou TIAI versus TAC; foram excluídos estudos com grupo controle saudável ou grupo controle não treinado.

Outro ponto importante é a heterogeneidade dos desenhos dos estudos e das intervenções de exercício utilizadas.

Pesquisas futuras

Os poucos ECR identificados nesta revisão ressaltam a necessidade de mais pesquisas de qualidade sobre os benefícios de programas de exercícios específicos no controle glicêmico e aptidão física de pacientes com DT2.

Em sua relevância clínica é importante que existam estudos com essa temática, uma vez que esse tipo de estudo pode contribuir para melhorias na prevenção, no treinamento/tratamento e na qualidade de vida desses pacientes.

CONCLUSÃO

Esta revisão sistemática sugere que o TIAI é superior ao TAC na melhora da aptidão física (aumento do VO_2 pico) em pacientes com DT2.

Como a atividade do TIAI exige um compromisso de tempo mínimo, esse tipo de treinamento pode servir como um substituto com eficiência de tempo ou como um complemento ao TAC geralmente recomendado na melhoria da saúde cardiorrespiratória.

Este estudo também aponta que o TC é significativamente superior ao TAC na diminuição da HbA1c e, portanto, melhora o controle glicêmico em pacientes com DT2 em um grau clinicamente significativo.

Portanto, pessoas com DT2 que desejam melhorar seu controle metabólico e aptidão física devem ser incentivadas a realizarem ambos os treinamentos, TIAI e TC.

REFERÊNCIAS

1-American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. Vol. 33. Suppl 1. 2010. p. 62-69.

2-American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes 2011. *Diabetes Care*. Vol. 34. Suppl 1. 2011.p. 11-61.

3-Bassi, D.; Mendes, R.G.; Arakelian, V.M.; Caruso, F.C.R.; Cabiddu, R.; Bonjorno-Júnior, J.C.; Arena, R.; Borghi-Silva, A. Potential Effects on Cardiorespiratory and Metabolic Status After a Concurrent Strength and Endurance Training Program in Diabetes Patients - a Randomized Controlled Trial. *Sports Medicine*. Vol. 2. 2016. p. 31.

4-Batacan, R.B.; Duncan, M.J.; Dalbo, V.J.; Tucker, P.S.; Fenning, A.S. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med*. Vol. 51. Num. 6. 2017. p. 494-503.

5-Bird, S.R.; Hawley, J.A. Exercise and type 2 diabetes: New prescription for an old problem. *Maturitas*. Vol. 72. 2012. p. 311-316.

6-Booth, A.; Clarke, M.; Dooley, G. The nuts and bolts of PROSPERO: an international prospective register of systematic reviews. *Syst Rev*. Vol. 1. 2012. p. 2.

7-Church, T.S.; Blair, S.N.; Cocreham, S.; Johannsen, N.; Johnson, W.; Kramer, K. Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *JAMA*. Vol. 304. 2010. p. 2253-2262.

8-Church, T.S.; Cheng, Y.J.; Earnest, C.P. Exercise capacity and body composition as predictors of mortality among men with diabetes. *Diabetes Care*. Vol. 27. 2004. p. 83-88.

9-Colberg, S.R.; Sigal, R.J.; Fernhall, B.; Regensteiner, J.G.; Blissmer, B.J.; Rubin, R.R. Exercise and type 2 diabetes: the American

College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement executive summary. *Diabetes Care*. Vol. 33. 2010. p. 2692-2696.

10-Filippis, E.; Cusi, K.; Ocampo, G.; Berria, R.; Buck, S.; Consoli, A.; Mandarino, L.J. Exercise-induced improvement in vasodilatory function accompanies increased insulin sensitivity in obesity and type 2 diabetes mellitus. *J Clin Endocrinol Metab*. Vol. 91. 2006. p. 4903-4910.

11-Gibala, M.J.; Little, J.P.; Macdonald, M.J.; Hawley, J.A. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*. Vol. 590. Num. 5. 2012. p. 1077-1084.

12-Gibala M. Molecular responses to high-intensity interval exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*. Vol. 34. Num. 3. 2009. p. 428-432.

13-Hollekim-Strand, S.M.; Bjørgaas, M.R.; Albrektsen, G.; Tjønnå, A.E.; Wisløff, U.; Ingul, C.B. High-intensity interval exercise effectively improves cardiac function in patients with type 2 diabetes mellitus and diastolic dysfunction: a randomized controlled trial. *J Am Coll Cardiol*. Vol. 64. Num. 16. 2014. p. 1758-1760.

14-Hussey, S.E.; McGee, S.L.; Garnham, A.; McConell, G.K.; Hargreaves, M. Exercise increases skeletal muscle GLUT4 gene expression in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab*. Vol. 14. 2012. p. 768-771.

15-Jorge, M.L.; Oliveira, V.N.; Resende, N.M.; Paraiso, L.F.; Calixto, A.; Diniz, A.L.; Ropelle, E.R.; Carvalheira, J.B.; Espindola, F.S.; Jorge, P.T.; Geloneze, B. The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*. Vol. 60. Num. 9. 2011. p.1244-1252.

16-Jung, M.E.; Bourne, J.E.; Beauchamp, M.R.; Robinson, E.; Little, J.P. High-Intensity Interval Training as an Efficacious Alternative to Moderate-Intensity Continuous Training for Adults with Prediabetes. *J Diabetes Res*. 2015. 191595. doi: 10.1155/2015/191595.

17-Karstoft, K.; Winding, K.; Knudsen, S.H.; Nielsen, J.S.; Thomsen, C.; Pedersen, B.K.; Solomon, T.P. The Effects of Free-Living Interval- Walking Training on Glycemic Control, Body Composition, and Physical Fitness in Type 2 Diabetic Patients. *Diabetes Care*. Vol. 36. Num. 2. 2013. p. 228-236.

18-Kim, T.N.; Park, M.S.; Yang, S.J.; Yoo, H.J.; Kang, H.J.; Song, W. Prevalence and determinant factors of sarcopenia in patients with type 2 diabetes: the Korean Sarcopenic Obesity Study (KSOS). *Diabetes Care*. Vol. 33. 2010. p. 1497-1499.

19-Larose, J.; Sigal, R.J.; Khandwala, F.; Prud'homme, D.; Boulé, N.G.; Kenny, G.P. Diabetes Aerobic and Resistance Exercise (DARE) trial investigators. Associations between physical fitness and HbA1c in type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*. Vol. 54. Num. 1. 2011. p. 93-102.

20-Little, J.P. Effectiveness and Safety of High-Intensity Interval Training in Patients With Type 2 Diabetes. *Diabetes Spectrum*. Vol. 28. Num. 1. 2015. p. 39-44.

21-Maiorana, A.; O'Driscoll, G.; Goodman, C.; Taylor, R.; Green, D. Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. Vol. 56. 2002. p. 115-123.

22-Marcus, R.L.; Smith, S.; Morrell, G.; Addison, O.; Dibble, L.E.; Wahoff-Stice, D.; Lastayo, P.C. Comparison of Combined Aerobic and High-Force Eccentric Resistance Exercise With Aerobic Exercise Only for People With Type 2 Diabetes Mellitus. *Phys Ther*. Vol. 88. Num. 11. 2008. p. 1345-1354.

23-Mitranun, W.; Deerochanawong, C.; Tanaka, H.; Suksom, D. Continuous vs interval training on glycemic control and macro and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scand J Med Sci Sports*. Vol. 24. 2014. p. 69-76.

24-Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D.G.; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Ann Intern Med*. Vol. 151. Num. 4. 2009. p. 264-269.

- 25-Rawshani, A.; Rawshani, A.; Franzen, S.; Sattar, N.; Eliasson, B.; Svensson, A-M. Risk Factors, Mortality, and Cardiovascular Outcomes in Patients with Type 2 Diabetes. *N Engl J Med*. Vol. 379. 2018. p. 633-644.
- 26-Schwingshackl, L.; Missbach, B.; Dias, S.; König, J.; Hoffmann, G. Impact of different training modalities on glycaemic control and blood lipids in patients with type 2 diabetes: a systematic review and network meta-analysis. *Diabetologia*. Vol. 57. Num. 9. 2014. p. 1789-1797.
- 27-Selvin, E.; Marinopoulos, S.; Berkenblit, G.; Rami, T.; Brancati, F.L.; Powe, N.R.; Golden, S.H. Meta-analysis: glycosylated hemoglobin and cardiovascular disease in diabetes mellitus. *Ann Intern Med*. Vol. 141. Num. 6. 2004. p. 421-431.
- 28-Sherrington, C.; Herbert, R.D.; Maher, C.G.; Moseley, A.M. PEDro. A database of randomized trials and systematic reviews in physiotherapy. *Man Ther*. Vol. 5. Num. 4. 2000. p. 223-226.
- 29-Sigal, R.J.; Kenny, G.P.; Boulé, N.G.; Wells, G.A.; Prud'homme, D.; Fortier, M. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycaemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med*. Vol. 147. 2007. p. 357-369.
- 30-Snowling, N.J.; Hopkins, W.G. 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*. Vol. 29. 2006. p. 2518-2527.
- 31-Stanford, K.I.; Goodyear, L.J. Exercise and type 2 diabetes: molecular mechanisms regulating glucose uptake in skeletal muscle. *Adv Physiol Educ*. Vol. 38. 2014. p. 308-314.
- 32-Tabata, I.; Suzuki, Y.; Fukunaga, T. Resistance training affects GLUT-4 content in skeletal muscle of humans after 19 days of head-down bed rest. *J Appl Physiol*. Vol. 86. 1999. p. 909-914.
- 33-Terada, T.; Friesen, A.; Chahal, B.S.; Bell, G.J.; McCargar, L.J.; Boulé, N.G. Feasibility and preliminary efficacy of high intensity interval training in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. Vol. 99. Num. 2. 2013. p. 120-129.
- 34-Verhagen, A.P.; Vet, H.C.; Bie, R.A. The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *J Clin Epidemiol*. Vol. 51. Num. 12. 1998. p. 1235-1241.
- 35-Wei, M.; Gibbons, L.W.; Kampert, J.B.; Nichaman, M.Z.; Blair, S.N. Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. *Ann Intern Med*. Vol. 132. 2000. p. 605-611.
- 36-Weston, K.S.; Wisløff, U.; Coombes, J. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. Vol. 48. Num. 16. 2014. p. 1227-1234.
- 37-Winding, K.M.; Munch, G.W.; Lepsen, U.W.; Van Hall, G.; Pedersen, B.K.; Mortensen, S.P. The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab*. Vol. 20. Num. 5. 2018. p. 1131-1139.
- 38-Wojtaszewski, J.F.; Nielsen, J.N.; Richter, E.A. Invited review: effect of acute exercise on insulin signaling and action in humans. *J Appl Physiol*. Vol. 93. 2002. p. 384-392.
- 39-Zanuso, S.; Balducci, S.; Jimenez, A. Physical activity, a key factor to quality of life in type 2 diabetic patients. *Diabetes Metab Res*. Vol. 25. Suppl 1. 2009. p. 24-28.
- Orcid dos autores:
Orcid: 0000-0002-1745-3781
Orcid: 0000-0003-2775-0576
Orcid: 0000-0002-0110-7710
- Autor para correspondência:
Cauê Padovani.
cauepadovani@hotmail.com
Rua São Sebastião 80, Apto 56.
Vila da Saúde, São Paulo-SP, Brasil.
CEP:04144-060.
Recebido para publicação em 31/08/2022
Aceito em 23/10/2022