



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Isabel Heberle

EFEITO DA PRÁTICA REGULAR DE EXERCÍCIO FÍSICO NA CAPACIDADE
FUNCIONAL, FORÇA DE PREENSÃO MANUAL E PRESSÃO ARTERIAL DE
PACIENTES COM DIABETES MELLITUS TIPO 2

Florianópolis
2022

Isabel Heberle

EFEITO DA PRÁTICA REGULAR DE EXERCÍCIO FÍSICO NA CAPACIDADE
FUNCIONAL, FORÇA DE PREENSÃO MANUAL E PRESSÃO ARTERIAL DE
PACIENTES COM DIABETES MELLITUS TIPO 2

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Educação Física da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do título de Mestre em
Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Sudatti Delevatti

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Heberle, Isabel

Efeito da prática regular de exercício físico na capacidade funcional, força de preensão manual e pressão arterial de pacientes com diabetes mellitus tipo 2 / Isabel Heberle ; orientador, Rodrigo Sudatti Delevatti, 2022.

68 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Educação Física. 2. Diabetes Mellitus. 3. Atividade Física. 4. Pressão arterial. I. Sudatti Delevatti, Rodrigo . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

Isabel Heberle

EFEITO DA PRÁTICA REGULAR DE EXERCÍCIO FÍSICO NA CAPACIDADE
FUNCIONAL, FORÇA DE PREENSÃO MANUAL E PRESSÃO ARTERIAL DE
PACIENTES COM DIABETES MELLITUS TIPO 2

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora
composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Ricardo Dantas De Lucas – Membro titular interno
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Ana Carolina Kanitz – Membro titular externo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de mestre em Educação Física.

Prof. Dr. Juliano Dal Pupo
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Rodrigo Sudatti Delevatti
Orientador

Florianópolis, 2022.

Este trabalho é dedicado a todos que de alguma forma
contribuíram com a minha formação.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo investigar o efeito da prática regular de exercício físico na capacidade funcional, força de preensão manual e pressão arterial em pacientes com Diabetes Mellitus tipo 2. Para isso foram realizados dois estudos. No estudo 1, sendo um estudo original, a amostra foi composta por 26 idosas praticantes de exercícios físicos, sendo 13 idosas com DM2 (grupo DM) e 13 sem DM2 (grupo CON). Foram avaliadas capacidade funcional e força de preensão manual. Já o estudo 2 é uma revisão sistemática com metanálise e meta-regressão. As buscas foram realizadas nas bases de dados PubMed, Cochrane Central, SPORTDiscus e LILACS. Foram selecionados ensaios clínicos que incluíram em sua amostra adultos de ambos os sexos, independentemente dos níveis de pressão arterial e estado de treinabilidade, envolvidos em intervenções de treinamento aeróbio e um grupo controle sem exercício físico, com duração de, no mínimo, oito semanas e que tenham avaliado a pressão arterial antes e após a intervenção. A seleção dos estudos e a extração de dados foi realizada de forma independente por dois pesquisadores. Os resultados do estudo 1 mostram que não houve diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos testes realizados ($p > 0,05$): sentar e levantar (rep); flexão de cotovelo (rep); sentar e alcançar (cm); Sentado, caminhar 2,44m, sentar (seg); Alcançar atrás das costas (cm) e caminhada de 6 minutos (m). Também não houve diferença na força de preensão manual (kg) entre os grupos ($p > 0,05$). No estudo 2, foram encontrados 4.186 estudos nas bases de dados e, ao final de todas as etapas, 17 ensaios clínicos foram incluídos nesta revisão. A pressão arterial sistólica (PAS) diminuiu após o treinamento aeróbio com progressão (- 6,78 mmHg; IC 95% 8,36, 5,19; $p < 0,001$) e sem progressão (- 8,07 mmHg; IC 95% 9,37, 6,77; $p < 0,001$). O mesmo ocorreu em relação à pressão arterial diastólica (PAD), que diminuiu com o treinamento aeróbio com progressão (- 3,10 mmHg; IC 95% 4,90, 1,31; $p < 0,001$) e sem progressão (- 5,71 mmHg; IC 95% 7,15, 4,28; $p < 0,001$). Pode-se concluir que a prática regular de exercício físico pode manter a capacidade funcional e a força de preensão manual semelhantes em idosas com e sem DM2. Além disso, o treinamento aeróbio com ou sem progressão é capaz de promover redução da pressão arterial de pessoas com DM2.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus. Atividade Física. Pressão arterial.

ABSTRACT

The present work aimed to investigate the effect of regular physical exercise on functional capacity, handgrip strength and blood pressure in patients with type 2 Diabetes Mellitus. Two studies were carried out. In study 1, being an original study, the sample consisted of 26 elderly women who practice physical exercises, 13 with DM2 (DM group) and 13 without DM2 (CON group). Functional capacity and handgrip strength were evaluated. Study 2 is a systematic review with meta-analysis and meta-regression. Searches were performed in PubMed, Cochrane Central, SPORTDiscus and LILACS databases. Clinical trials were selected that included in their sample adults of both sexes, regardless of blood pressure levels and training status, involved in aerobic training interventions and a control group without physical exercise, lasting at least eight weeks and who have assessed blood pressure before and after the intervention. Study selection and data extraction were performed independently by two researchers. The results of study 1 show that there were no significant differences between the groups in any of the tests performed ($p > 0.05$): sitting and standing (rep); elbow flexion (rep); sit and reach (cm); Sitting, walking 2.44m, sitting (sec); Reach behind the back (cm) and walk for 6 minutes (m). There was also no difference in handgrip strength (kg) between the groups ($p > 0.05$). In study 2, 4,186 studies were found in the databases and, at the end of all stages, 17 clinical trials were included in this review. Systolic blood pressure (SBP) decreased after aerobic training with progression (-6.78 mmHg; 95% CI 8.36, 5.19; $p < 0.001$) and without progression (-8.07 mmHg; 95% CI 9.37, 6.77; $p < 0.001$). The same occurred in relation to diastolic blood pressure (DBP), which decreased with aerobic training with progression (-3.10 mmHg; 95% CI 4.90, 1.31; $p < 0.001$) and without progression (-5.71 mmHg; 95% CI 7.15, 4.28; $p < 0.001$). It can be concluded that the regular practice of physical exercise can maintain similar functional capacity and handgrip strength in elderly women with and without DM2. In addition, aerobic training with or without progression is able to reduce blood pressure in people with DM2.

Keywords: Diabetes Mellitus. Physical activity. Blood pressure.

LISTA DE ABREVIATURAS

DCNT – Doenças Crônicas Não Transmissíveis

DM2 – Diabetes Mellitus tipo 2

HbA1c – Hemoglobina Glicada

IAFG – Índice de Aptidão Física Geral

IC – Intervalo de Confiança

IMC – Índice de Massa Corporal

NPAT – Treinamento Aeróbio Sem Progressão

PA – Pressão Arterial

PAD – Pressão Arterial Diastólica

PAS – Pressão Arterial Sistólica

PAT – Treinamento Aeróbio com Progressão

RCQ – Razão Cintura-Estatura

SUMÁRIO

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 | OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 14 |
| 1.1.2 | Objetivo específico (estudo 1)..... | 14 |
| 1.1.3 | Objetivo específico (estudo 2)..... | 14 |
| 2. | RESULTADOS | 15 |
| 1.2 | ESTUDO 1 | 15 |
| 1.3 | ESTUDO 2 | 25 |
| 3. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 43 |
| | REFERÊNCIAS | 44 |
| | ANEXOS | 51 |

Esta dissertação será composta por dois artigos científicos, sendo o primeiro um artigo original transversal intitulado “Capacidade funcional e força de preensão manual semelhantes de idosas treinadas com e sem diabetes mellitus tipo 2: um estudo transversal”, publicado na revista *Complementary Therapies in Clinical Practice*, em janeiro de 2021.

O segundo um artigo é uma revisão sistemática com metanálise e meta-regressão intitulado “Efeitos do treinamento aeróbio com e sem progressão na pressão arterial de pacientes com diabetes tipo 2: uma revisão sistemática com metanálise e meta-regressão”, sendo este publicado na revista *Diabetes Research and Clinical Practice*, em janeiro de 2021.

1. INTRODUÇÃO

Uma das formas de tratamento não-farmacológico do diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é o treinamento físico, sendo que os benefícios do mesmo já estão bem evidenciados em estudos de revisão (CRONIN et al., 2017; MELO et al., 2017; UMPIERRE, 2011; YANG et al., 2014) e em ensaios clínicos randomizados (CHURCH et al., 2010; DELEVATTI et al., 2016a, 2016b; JORGE et al., 2011). Dentre os tipos de exercícios mais recomendados, estão os de caráter aeróbio e combinado (treinamento aeróbio e de força), sendo os exercícios de força recomendados como forma complementar no tratamento (ADA, 2022).

O envelhecimento promove diminuições significativas nas funções fisiológicas, tendo um declínio funcional e motor em pessoas idosas (BACCHI et al., 2012; SANTIAGO et al., 2018; TERADA et al., 2013)(FERREIRA et al., 2008). Além de prejudicar a capacidade funcional, o envelhecimento, por consequência, afeta as habilidades em executar as tarefas físicas e compromete as atividades mentais (MAZO; LOPES; BENEDETTI, 2009). Alguns processos naturais que acontecem com o envelhecimento, como alterações nas funções fisiológicas, físicas e comportamentais, podem ser ainda mais afetados pelo sedentarismo (TRAPÉ et al., 2017). Quando aliados, o envelhecimento e o DM2 têm importantes consequências sobre a perda da mobilidade e da capacidade funcional, tornando os idosos mais dependentes e reduzindo sua expectativa de vida (FERREIRA et al., 2014). O DM2 também tem uma forte relação com o declínio da capacidade cognitiva que afeta diretamente a capacidade funcional, pois compromete a atenção, a memória, a orientação espacial e deteriora funções motoras, levando assim a uma incapacidade cognitivo-motora (FERREIRA et al., 2014).

Entretanto, a prática regular de exercício físico pode apresentar bons resultados na saúde de idosos com DM2, melhorando a capacidade funcional e postergando o avanço da DM2, pois o exercício físico pode resultar em alterações fisiológicas e metabólicas, como o aumento da sensibilidade tecidual à insulina e melhora do controle glicêmico, além de aumentar a aptidão física, fazendo com que o idoso com DM2 tenha uma melhora na sua capacidade funcional e conseqüentemente melhora da qualidade de vida (FERREIRA et al., 2008, FERREIRA et al., 2014, SAÑUDO et al., 2013).

Diferentes protocolos de exercício aeróbio mostraram-se benéficos na resposta glicêmica aguda em pacientes diabéticos (BACCHI et al., 2012; SANTIAGO et al., 2018; TERADA et al., 2013). Os efeitos crônicos também são bem consistentes em inúmeros desfechos, como na pressão arterial (PA), na inflamação sistêmica (HAYASHINO et al., 2014),

na aptidão cardiorrespiratória (BELLI et al., 2011), qualidade de vida (DELEVATTI et al., 2018) e controle glicêmico, sendo avaliado pelos níveis de hemoglobina glicada (HbA1c) (ADA, 2022; BELLI et al., 2011; COLBERG et al., 2016; DELEVATTI et al., 2016b; UMPIERRE, 2011).

As atuais recomendações de treinamento aeróbio para tratamento do DM2 incluem treinamento preferencialmente supervisionado com duração de pelo menos 150 minutos semanais de atividades físicas moderadas a vigorosa, realizado em três ou mais sessões por semana em dias não consecutivos. Ou ainda, treinamento de intensidade vigorosa durante pelo menos 75 minutos semanais, otimizando o tempo de treinamento, sendo esta uma possibilidade para pacientes jovens e fisicamente ativos (ADA, 2022; COLBERG et al., 2016). Estando os benefícios do exercício aeróbio já bem estabelecidos na literatura, alguns estudos procuram verificar os efeitos das modificações nas variáveis do treinamento, como diferentes intensidades (ALVAREZ et al., 2016; BOULÉ et al., 2003; LIUBAOERJIJIN et al., 2016), diferentes durações (LI et al., 2012; UMPIERRE, 2011), diferentes frequências semanais de treinamento (UMPIERRE et al., 2013), comparações de treinamento supervisionado em relação ao não supervisionado (DADGOSTAR et al., 2016) e até mesmo no ambiente de treinamento, como por exemplo, treinamento aquático versus terrestre (DELEVATTI et al., 2016a, 2016b, 2018; NUTTAMONWARAKUL; AMATYAKUL; SUKSOM, 2012)

As recomendações atuais sobre atividade física também orientam que ao longo do tempo as atividades devem progredir em intensidade, frequência e/ou duração de treinamento (ADA, 2022; COLBERG et al., 2016). Entretanto, há uma carência de ensaios clínicos randomizados e conseqüentemente de revisões sistemáticas com metanálise almejando os efeitos do treinamento com progressão (em volume e/ou intensidade) sobre desfechos importantes no controle do DM2. Estudo que observou a mudança da glicemia capilar ao longo de um programa de treinamento aeróbio sem progressão mostrou queda na redução glicêmica, reforçando a necessidade de progressão das variáveis de treinamento (DELEVATTI et al., 2019a). Além disso, recente metanálise mostra diferentes magnitudes de redução na HbA1c, especialmente quando volume e intensidade foram progressivamente aumentados ao longo das intervenções (DELEVATTI et al., 2019b).

Primeiramente, se faz necessário conhecer o impacto no controle desta doença aplicando protocolos que usam progressão das variáveis de treinamento quando comparados com aqueles que não usam nenhuma forma de progressão. A partir desse conhecimento, será possível transferir para a prática clínica e para futuros estudos a importância da manipulação das variáveis de treinamento, possivelmente investigando diferentes formas e estratégias de

progressão, que possibilitem ampliar a magnitude dos benefícios via treinamento aeróbio. Para elucidar as questões expostas anteriormente, se faz necessário investigar desfechos fisiológicos importantes, como glicemia, pressão arterial e capacidade funcional ao longo de treinamentos progressivos e não progressivos, pois a magnitude de efeito agudo sendo modificada pode auxiliar no entendimento das respostas crônicas. Além disso, a progressão do treinamento pode interferir na aderência ao treinamento, visto que a mudanças na prescrição dos exercícios pode ser um fator motivacional para a prática do mesmo. Por fim, a partir do exposto, elaborou-se os seguintes problemas de pesquisa: existe diferença na capacidade funcional e força de preensão manual de idosas com e sem DM2 praticantes de exercício físico? Além disso, existem diferenças entre os efeitos do treinamento aeróbio com e sem progressão nas pressões arteriais sistólica e diastólica de pacientes com diabetes tipo 2?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar o efeito da prática regular de exercício físico na capacidade funcional, força de preensão manual e pressão arterial em pacientes com DM2.

1.1.2 Objetivo específico (estudo 1)

Comparar a capacidade funcional e a força de preensão manual de idosas com e sem diabetes tipo 2 praticantes de exercícios físicos.

1.1.3 Objetivo específico (estudo 2)

Analisar, por meio de uma revisão sistemática com metanálise e meta-regressão de estudos clínicos, os efeitos do treinamento aeróbio com e sem progressão (PAT e NPAT) na pressão arterial de pacientes com DM2.

2. RESULTADOS

1.2 ESTUDO 1

CAPACIDADE FUNCIONAL E FORÇA DE PREENSÃO MANUAL SEMELHANTES DE IDOSAS TREINADAS COM E SEM DIABETES MELLITUS TIPO 2: um estudo transversal

RESUMO

Objetivo: Este estudo compara a capacidade funcional e a força de preensão manual de idosas com e sem diabetes tipo 2 (DM2) praticantes de exercícios físicos.

Métodos: Participaram do estudo 26 idosas praticantes de exercícios físicos (13 com DM2 - DM; 13 sem DM2 - CON). A capacidade funcional e a força de preensão manual foram avaliadas.

Resultados: Os grupos foram semelhantes em idade. Em relação à capacidade funcional, não houve diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos testes realizados ($p > 0,05$): sentar e levantar (rep); flexão de cotovelo (rep); sentar e alcançar (cm); Sentado, caminhar 2,44m, sentar (seg); Alcançar atrás das costas (cm) e caminhada de 6 minutos (m). Também não houve diferença na força de preensão manual (kg) entre os grupos ($p > 0,05$).

Conclusão: A capacidade funcional e a força de preensão manual de idosas com DM2 que praticam exercício físico parecem semelhantes às de idosas sem a doença que praticam exercício físico regular.

Palavras-chave: Envelhecimento; Diabetes; Funcionalidade; Atividade física.

INTRODUÇÃO

O rápido crescimento do envelhecimento em todo o mundo tem resultado em mudanças sociais e econômicas, que podem aumentar a suscetibilidade ao desenvolvimento de doenças, especialmente as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (TRAPÉ et al., 2017). As DCNT comuns em idosos podem causar um declínio funcional (FERREIRA et al., 2008) e mental (MAZO; LOPES; BENEDETTI, 2009), prejudicando as habilidades para realizar tarefas físicas. Essas mudanças nas funções fisiológicas, físicas e comportamentais podem ser ainda mais afetadas por um estilo de vida sedentário (TRAPÉ et al., 2017).

As DCNTs estão entre as principais causas de morbidade, incapacidade e mortalidade em idosos. Uma das principais DCNT que acometem os idosos é o Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) (ADA, 2020). Mesmo com diagnósticos cada vez mais precoces de DM2 em crianças,

adolescentes e adultos jovens, a doença ainda apresenta alta prevalência em idosos (IDF, 2019). A exposição da população idosa à combinação de perdas fisiológicas características do envelhecimento com as perdas e complicações características do DM2 impacta significativamente na capacidade funcional e na força de preensão manual, tornando o idoso mais dependente e reduzindo sua expectativa de vida (FERREIRA et al., 2014; GREGG et al., 2002; LEENDERS et al., 2013; FONG, 2019; MCGRATH et al., 2017).

Em contraste com a redução da capacidade física dos idosos com diabetes, destaca-se a prática regular de exercícios físicos. Essa prática proporciona diversos impactos positivos na saúde, como melhorias cardiometabólicas, saúde mental e capacidades físicas. Especificamente, em idosos, vale destacar os benefícios de prevenir ou retardar a sarcopenia e a dinapenia, o que afeta diretamente a capacidade funcional e a força de preensão manual (FERREIRA et al., 2008; FERREIRA et al., 2014; LEENDERS et al., 2013; SAÑUDO et al., 2013; SOUZA et al., 2019). Esse fato pode retardar prejuízos funcionais agravados pela tríade envelhecimento, sedentarismo e diabetes.

A capacidade funcional apoia a manutenção da saúde e da qualidade de vida dos idosos, e a força de preensão manual está associada à mortalidade e doenças cardiovasculares (CELIS-MORAIS et al., 2017). Portanto, é fundamental promover o envelhecimento saudável e ativo com a prática frequente de exercícios físicos, que visa manter a capacidade funcional e força de preensão manual, promovendo melhor saúde (CAMPOS et al., 2016). Há fortes evidências dos efeitos benéficos do exercício físico regular em vários resultados relacionados à saúde em pessoas com diabetes (DELEVATTI et al., 2016; CRONIN et al., 2017; UMPIERRE et al., 2011). No entanto, não se sabe se idosos ativos com DM2 podem preservar sua capacidade funcional e força de preensão manual na mesma magnitude que indivíduos não diabéticos. Assim, este estudo tem como objetivo verificar o impacto do DM2 na capacidade funcional e força de preensão manual de idosas que participaram de um programa de exercícios físicos.

MÉTODOS

Design do estudo

Este estudo caracteriza-se como transversal e comparativo. Foram analisados dados de mulheres idosas que participaram de um programa de exercícios físicos. A amostra foi dividida em um grupo com DM2 (DM) e outro sem DM2 (CON).

Participantes

Participaram deste estudo mulheres idosas do projeto "Atividades Físicas para a Terceira Idade", promovido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Todos os

participantes praticavam exercícios físicos há mais de seis meses e concordaram em compartilhar seus dados.

Inicialmente, foram selecionadas todas as idosas com DM2 participantes do projeto de extensão, sendo criado o grupo de participantes com DM2 (n=13). Em seguida, esse grupo foi pareado pelo mesmo número de idosas, participantes do mesmo projeto e de mesma faixa etária, diferindo apenas pela ausência de DM2 (grupo controle, n = 13). Assim, dos 178 idosos que participam do projeto de exercício físico, 26 idosas participaram deste estudo. Foram excluídas do estudo as idosas que apresentavam algum comprometimento osteomioarticular que pudesse comprometer o desempenho dos testes funcionais e aquelas com mais de 85 anos.

O presente estudo utilizou os dados do projeto que aplicou a bateria de testes de Rikli e Jones (1999) e força de preensão manual. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Este estudo está de acordo com a Declaração de Helsinque e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (nº 3.232.574).

Procedimentos experimentais

Os dados utilizados são dos idosos que participaram de um projeto de extensão para idosos da UFSC. As sessões de ginástica ocorreram duas vezes por semana durante 50 minutos. Foram realizados exercícios de fortalecimento muscular, priorizando os membros inferiores. As sessões consistiram de aquecimento geral (5–10 min), seguido de exercícios de fortalecimento muscular calistênico ou uso de pesos livres (35–40 min) e alongamento/relaxamento final (5–10 min).

Os testes utilizados na coleta de dados do projeto fazem parte da bateria de testes de Rikli e Jones (1999). São aplicadas duas vezes por ano, uma no início e outra no final do ano letivo (março-dezembro). O objetivo da aplicação da bateria de testes é avaliar e monitorar a eficácia do treinamento de idosos em sessões de ginástica. A bateria é composta por seis testes, que avaliam as habilidades físicas: agilidade / equilíbrio dinâmico (sentado, caminhar 2,44m e voltar a sentar), força dos membros inferiores e superiores (flexão do cotovelo e teste de levantar e sentar, respectivamente), flexibilidade dos membros superiores e inferiores (alcançar atrás das costas e teste de sentar e alcançar, respectivamente) e resistência aeróbia (caminhada de 6 minutos). O Índice de Aptidão Física Geral (IAFG) foi calculado pela soma das classificações médias de cada teste funcional.

Além da bateria de testes de Rikli e Jones (1999), a força de preensão manual foi medida usando um dinamômetro portátil. Foram realizadas três medidas em cada braço, sendo utilizada a de maior valor.

Para caracterizar a amostra, foram utilizados dados relacionados à idade, presença de DM2, duração da doença, antidiabéticos utilizados e dados antropométricos, também realizados rotineiramente no projeto. Os dados antropométricos utilizados foram peso corporal, estatura e circunferência da cintura, sendo calculado o índice de massa corporal (IMC) e a relação cintura/estatura. Todos os testes foram realizados no mesmo dia, em dezembro (2018).

Análise estatística

Para caracterização da amostra, foram utilizados valores de média e desvio padrão. Empregamos o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados. O teste *t de Student* independente foi utilizado para comparar os resultados entre os grupos (DM e CON), adotando-se um nível de significância de 5%. As análises foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão 20.0. Ainda, o tempo de exercício regular para todos os participantes do programa foi de 13, $93 \pm 7,56$ anos.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os dados de caracterização das idosas com idades variadas, duração do DM2, variáveis antropométricas e a medicação utilizada pelo grupo DM. Nesta análise, foram encontradas diferenças para circunferência da cintura, índice de massa corporal (IMC) e razão cintura-estatura (RCQ).

Tabela 1: Caracterização dos idosos participantes do estudo. Florianópolis, dezembro, 2018.

| | DM (n=13) | CON (n=13) | Valor de <i>p</i> |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------------|
| Idade (anos) | 71,62±4,41 | 71,92±5,85 | 0,881 |
| Massa corporal (kg) | 70,31±9,31 | 62,89±11,70 | 0,086 |
| Estatura (metros) | 1,53±0,05 | 1,53±0,07 | 0,976 |
| Perímetro da cintura (centímetros) | 93,54±6,61 | 85,23±10,56 | 0,024 |
| IMC (kg/m ²) | 31,08±4,26 | 26,86±3,73 | 0,013* |
| RCE | 0,61±0,04 | 0,55±0,06 | 0,012 |
| Duração do DM2 (anos) | 11,92±10,77 | - | |
| Tratamento Medicamentoso | | | |
| Biguanidas | 7 | - | |
| Sulfonilureia | 3 | - | |
| Dapagliflozina + Metformina | 2 | - | |
| Inibidores da DPP-4 | 3 | - | |

Insulina

1

-

CON: grupo controle sem Diabetes Mellitus tipo 2; DM: grupo com Diabetes Mellitus tipo 2; IMC: índice de massa corporal; RCE: relação cintura/estatura; DPP-4: proteína Dipeptidil Peptidase-4; DP: desvio padrão.

Dados são apresentados como média \pm DP; $p=0,05$.

Os resultados referentes às variáveis de capacidade funcional e força de preensão manual estão apresentados na Tabela 2. Uma das participantes do DM apresentou labirintite no dia dos testes, o que impossibilitou a realização do teste de resistência aeróbia (6 min de caminhada); portanto, para esta variável, foi $n = 12$. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos.

Tabela 2: Capacidade funcional e força de preensão manual para o GDM e o (GSDM). Florianópolis, dezembro, 2018.

| Testes | DM($n=13$) | CON ($n=13$) | Valor de p |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| Sentar e Levantar (rep) | 18,85 \pm 4,60 | 19,39 \pm 5,19 | 0,782 |
| Flexão de Cotovelo (rep) | 22,54 \pm 4,37 | 22,62 \pm 3,50 | 0,961 |
| Sentar e Alcançar (cm) | 4,46 \pm 6,53 | 7,85 \pm 11,79 | 0,377 |
| Alcançar atrás das costas (cm) | -7,42 \pm 7,38 | -2,27 \pm 7,01 | 0,080 |
| Sentado, caminhar 2,44m, sentar (seg) | 5,70 \pm 0,54 | 5,63 \pm 0,67 | 0,785 |
| Caminhar 6 minutos (m) (GDM $n=12$) | 532,70 \pm 49,31 | 545,83 \pm 77,22 | 0,614 |
| Preensão Manual (direita) (kg) | 24,92 \pm 4,52 | 27,15 \pm 5,56 | 0,273 |
| Preensão Manual (esquerda) (kg) | 26,07 \pm 3,94 | 26,15 \pm 6,25 | 0,970 |

DM: grupo com Diabetes Mellitus tipo 2; CON: grupo controle sem Diabetes Mellitus tipo 2; DP: desvio padrão.

Dados são apresentados como média \pm DP; $p=0,05$.

A partir dos resultados encontrados nos testes realizados, classificamos os participantes com base no nível de aptidão funcional de cada teste (Tabela 3). A maioria das participantes diabéticas e não diabéticas foi classificada como "muito boa" ou "boa" nos testes funcionais. Quanto ao IAFG, os participantes DM tiveram uma classificação muito semelhante aos participantes CON.

Tabela 3: Classificação das participantes nos testes de capacidade funcional.

| Testes | DM / CONT |
|--------|-----------|
|--------|-----------|

| | Muito ruim | Ruim | Regular | Bom | Muito bom |
|---------------------------------|-------------------|-------------|----------------|------------|------------------|
| Sentar e Levantar | 1 / - | 1 / 1 | 1 / 2 | 2 / 3 | 8 / 7 |
| Flexão de Cotovelos | 1 / - | - / 1 | - / - | 2 / 2 | 10 / 10 |
| Sentar e Alcançar | 1 / 2 | 5 / 3 | - / - | 1 / 2 | 6 / 6 |
| Alcançar atrás das costas | - / - | - / 3 | 5 / 2 | 7 / 3 | 1 / 5 |
| Sentado, caminhar 2,44m, sentar | 2 / - | 4 / 3 | 4 / 4 | 3 / 1 | - / 5 |
| Caminhar 6 minutos | 3 / 3 | 3 / - | 3 / 4 | 3 / 4 | 1 / 1 |
| IAFG | 67,5 / 72,5 | | | | |

CON: grupo controle sem Diabetes Mellitus tipo 2; DM: grupo com Diabetes Mellitus tipo 2. IAFG: Índice de aptidão física geral.

DISCUSSÃO

Este estudo comparou a capacidade funcional e a força de preensão manual de idosas com e sem DM2 que praticavam a mesma rotina de exercícios físicos. Os resultados mostraram que tanto a capacidade funcional quanto a força de preensão manual de idosas com ou sem DM2 não apresentaram diferença.

Idade, altura e massa corporal não diferiram entre os grupos. No entanto, houve uma tendência de maior massa corporal em indivíduos com DM2. O aumento da massa corporal na população idosa é um sinal para DCNT e mortalidade; portanto, precisa ser controlada (MATSUDO et al., 2000). Em contrapartida, nos resultados das variáveis antropométricas - circunferência da cintura, IMC e RCQ, que representam o acúmulo de gordura corporal, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, sendo os maiores valores para as idosas com DM2. Esse fato já era esperado e observado na literatura, pois são condições associadas à doença (FRANZ et al., 2015). No entanto, eles devem ser minimizados com um estilo de vida adequado. Nesse sentido, o IMC das idosas do grupo CON é classificado como sobrepeso, enquanto o das idosas do grupo DM como obesidade grau I (WHO, 1990), demonstrando que apesar da prática regular de exercícios em ambos os grupos, o estado nutricional é substancialmente diferente. Na RCQ, embora o grupo DM apresente valores superiores ao grupo CON, vale ressaltar que ambos os grupos estão acima do desejável (WHO, 1990). Uma visão ampliada dos resultados mostrou que outras intervenções ou mudanças de hábitos devem ser realizadas para reduzir variáveis antropométricas e riscos cardiometabólicos de mulheres idosas com DM2.

As complicações vasculares do DM2 e o processo de envelhecimento afetam a capacidade física de seus pacientes (FERREIRA et al., 2014; KUZIEWSKI; SŁOMIŃSKI; JASSEM, 2019), causando prejuízos à sua qualidade de vida. Um estudo que avaliou a capacidade física por meio do teste de caminhada de 6 minutos mostrou diferença entre a distância percorrida por pessoas com diabetes em comparação com pessoas sem a doença (KUZIEWSKI; SŁOMIŃSKI; JASSEM, 2019). No entanto, em nosso estudo, não encontramos diferenças significativas na capacidade funcional de idosas com e sem DM2 que praticam atividade física. Tais resultados demonstram que o exercício físico regular de longa duração, mesmo duas vezes por semana, pode igualar e manter a capacidade funcional de mulheres idosas com e sem DM2 em níveis desejáveis.

O diabetes tipo 2 pode ser visto como uma condição que acelera o processo de envelhecimento, sendo um fator de risco para incapacidade física e prejuízo em atividades simples e complexas. Além disso, leva a um maior risco de quedas e, conseqüentemente, fraturas (AZMON et al., 2018), o que pode levar à dependência e redução da expectativa de vida (FERREIRA et al., 2014). Em uma revisão sistemática, o DM2 aumentou o risco de incapacidade para realizar atividades básicas e instrumentais de vida diária (WONG et al., 2013). Assim, intervenções que promovam a prática de exercícios físicos para idosos, principalmente aqueles com DM2, tornam-se imprescindíveis.

A combinação de fraqueza muscular e DM2 está fortemente associada à incapacidade para realizar atividades da vida diária (Mc GRATH et al., 2017). No entanto, em nosso estudo, não houve diferenças significativas na força de preensão manual de idosas ativas com e sem DM2, demonstrando que, mesmo em baixos volumes semanais, o exercício físico regular contribui para a manutenção da saúde neuromuscular das idosas.

Clinicamente, é importante perceber que o exercício regular (ginástica) duas vezes por semana parece preservar a capacidade funcional e a força de preensão manual de idosas com DM2, mantendo-as em condições semelhantes às idosas sem diabetes. Embora as variáveis antropométricas sejam piores em mulheres idosas com DM2, ter independência na prática de atividades melhora a vida diária e a qualidade de vida. Esses fatores estão muito associados a uma capacidade funcional (DELEVATTI et al., 2016), e mesmo uma prática isolada de exercícios com baixa frequência semanal já parece preservá-la.

Este estudo apresenta como limitação do tamanho da amostra devido ao baixo número de idosos diabéticos participantes do programa de exercícios físicos (150 idosos, apenas 13 com DM2). Por outro lado, os pontos fortes são dados em avaliações em “ambiente real” sem métodos laboratoriais de controle de carga de treinamento ou avaliações sofisticadas. Além

disso, a baixa frequência semanal (duas vezes por semana) do programa relatado foi suficiente para manter os idosos com aptidão funcional semelhante em longo prazo, o que é comum em programas de exercícios para eles.

CONCLUSÃO

Mesmo com características antropométricas diferentes, idosas com e sem DM2 que praticam exercícios físicos apresentam capacidade funcional e força de preensão manual semelhantes. Esse resultado significativo foi encontrado na modalidade ginástica, que enfatiza exercícios para fortalecimento de membros inferiores, com frequência de duas sessões semanais. Essa estratégia é simples e de baixo custo para manter ou melhorar a capacidade funcional e força de preensão manual em idosos, independente da necessidade de mais estudos para consolidar esses achados.

REFERÊNCIAS

ADA, A. D. A. Standards of Medical Care in Diabetes 2022. p. 1–193, 2022.

AZMON M, GAYUS N, MICHAL H, OLMER L, CUKIERMAN-YAFFE T. The Association between Glucose Control and Functional Indices in Older People with Diabetes. **International Journal of Endocrinology**, v. 2018, p. 1–7, dez. 2018.

CAMPOS, ACV et al. Prevalence of functional incapacity by gender in elderly people in Brazil: a systematic review with meta-analysis. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 19, n. 3, p.545-559, jun. 2016.

CELIS-MORAIS CA, PETERMANN F, HUI L, LYALL DM, ILIODROMITI S, MCLAREN J, ANDERSON J, WELSH P, MACKAY D, PELL JP, SATTAR N, GILL JMR, GRAY S. Associations Between Diabetes and Both Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality Are Modified by Grip Strength: Evidence From UK Biobank, a Prospective Population-Based Cohort Study. **Diabetes Care**. v.40, n. 12, p. 1710-1718, dez. 2017.

CRONIN O, KEOHANE DM, MOLLOY MG, SHANAHAN F. The effect of exercise interventions on inflammatory biomarkers in healthy, physically inactive subjects: a systematic review. **QJM: An International Journal of Medicine**. v. 110, n. 10, p.629-637, maio 2017.

DELEVATTI RS, PINHO CDF, KANITZ AC, ALBERTON CL, MARSON EC, BREGAGNOL LP, LISBOA SC, SCHAAN BD, KRUEL LFM. Glycemic reductions following water- and land-based exercise in patients with type 2 diabetes mellitus. **Complementary Therapies in Clinical Practice**. v. 24, p. 73–77, ago. 2016.

- FERREIRA, L et al. Capacidade funcional em mulheres jovens e idosas: projeções para uma adequada prescrição de exercícios físicos. **Revista da Educação Física/uem**, São Paulo, v. 19, n. 3, p.403-412, dez. 2008.
- FERREIRA, MC et al. Redução da mobilidade funcional e da capacidade cognitiva no diabetes melito tipo 2. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, Santa Catarina, v. 58, n. 9, p.946-952, dez. 2014.
- FONG JH. Disability incidence and functional decline among older adults with major chronic diseases. **BMC Geriatrics**. v. 19, n. 1, p. 1-9, 2019.
- FRANZ MJ, BOUCHER JL, RUTTEN-RAMOS S, VANWORMER J J. Lifestyle Weight-Loss Intervention Outcomes in Overweight and Obese Adults with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**. v. 115, n. 9, p. 1447-1463, 2015.
- GREGG EW, MANGIONE CM, CAULEY JA, THOMPSON TJ, SCHWARTZ AV., ENSRUD KE, NEVITT MC. Diabetes and Incidence of Functional Disability in Older Women. **Diabetes Care**. v. 25, n.1: p.61–67, 2002.
- INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION – IDF. **Diabetes atlas**. Bélgica. v. 8, 2019.
- KUZIEMSKI K, SŁOMIŃSKI W, JASSEM E. Impact of diabetes mellitus on functional exercise capacity and pulmonary functions in patients with diabetes and healthy persons. **BMC Endocrine Disorders**. v. 19, n.2, p. [s.l.], 2019.
- LEENDERS, M et al. Patients With Type 2 Diabetes Show a Greater Decline in Muscle Mass, Muscle Strength, and Functional Capacity With Aging. **Journal Of The American Medical Directors Association**, v. 14, n. 8, p.585-592, ago. 2013.
- MATSUDO, SM et al. Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. **Revista Brasileira Ciências e Movimento**. Brasília, v.8, n.4 p. 21-32, set, 2000.
- MAZO, GZ; LOPES, MA; BENEDETTI, TB. **Atividade física e o idoso: Concepção Gerontológica**. Sulina, 3. ed, p 318, Florianópolis, 2009.
- Mc GRATH R, VICENT BM, SNIH SA, MARKIDES KS, DIETER BP, BAILEY RR, PETERSON M. The Association Between Handgrip Strength and Diabetes on Activities of Daily Living Disability in Older Mexican Americans. **Journal of Aging and Health**. v. 30, n. 8, p. 1305-1318, 2017.
- RIKLI, RE.; JONES, JC. Development and Validation of a Functional Fitness Test for Community-Residing Older Adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, [s.l.], v. 7, n. 2, p. 129-161, abr. 1999.
- SAÑUDO, B. et al. Influência do nível de atividade física sobre a aptidão física e qualidade de vida relacionada à saúde em idosos portadores ou não de diabetes mellitus tipo 2. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Seville, v. 19, n. 6, p.410-414, dez. 2013.

SOUZA ABF, NASCIMENTO DA, RODRIGUES IJM, CHARONE CCO, LOPES GL, LIMA RS, SÁ AA, CARNEIRO TX, MORAES NS. Association between sarcopenia and diabetes in community dwelling elderly in the Amazon region – Viver Mais Project. **Archives of Gerontology and Geriatrics**. v. 83, p. 121–125, 2019.

TRAPÉ, ÁA et al. Associação entre condições demográficas e socioeconômicas com a prática de exercícios e aptidão física em participantes de projetos comunitários com idade acima de 50 anos em Ribeirão Preto, São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 20, n. 2, p.355-367, jun. 2017.

UMPIERRE, D. Physical Activity Advice Only or Structured Exercise Training and Association With HbA_{1c} Levels in Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. **JAMA**, v. 305, n. 17, p. 1790, 4 maio 2011.

WONG E, BACKHOLER K, GEARON E, HARDING J, FREAK-POLI R, STEVENSON C, PEETERS A. Diabetes and risk of physical disability in adults: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet Diabetes & Endocrinology**. v. 1, n. 2, p. 106–114, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and prevention of chronic diseases**. Report of WHO, study group. Technical Report Series 797, Geneva, 1990.

1.3 ESTUDO 2

Observação: Devido ao número excessivo e à resolução de tabelas e figuras usados no artigo 2, optou-se por apresentá-las somente no modelo publicado, deixando o relato do estudo em português apenas em texto.

EFEITOS DO TREINAMENTO AERÓBIO COM E SEM PROGRESSÃO NA PRESSÃO ARTERIAL DE PACIENTES COM DIABETES TIPO 2: uma revisão sistemática com metanálise e meta-regressão

RESUMO

Objetivo: Analisar os efeitos do treinamento aeróbio com e sem progressão na pressão arterial de pacientes com diabetes tipo 2. **Métodos:** As bases de dados utilizadas para a busca sistemática foram PubMed, Cochrane Central, SPORTDiscus e LILACS. Foram incluídos estudos que analisaram a pressão arterial antes e após um período de intervenção de oito ou mais semanas de treinamento aeróbio em comparação com um grupo controle sem treinamento em pacientes com diabetes tipo 2. **Resultados:** Dos 4.186 estudos encontrados, 17 ensaios clínicos foram incluídos (912 participantes). A pressão arterial sistólica (PAS) diminuiu após o treinamento aeróbio com progressão (- 6,78 mmHg; IC 95% 8,36, 5,19; $p < 0,001$) e sem progressão (- 8,07 mmHg; IC 95% 9,37, 6,77; $p < 0,001$). O mesmo ocorreu em relação à pressão arterial diastólica (PAD), que diminuiu com o treinamento aeróbio com progressão (- 3,10 mmHg; IC 95% 4,90, 1,31; $p < 0,001$) e sem progressão (- 5,71 mmHg; IC 95% 7,15, 4,28; $p < 0,001$). **Conclusão:** O treinamento aeróbio é eficaz na redução da pressão arterial em pacientes com diabetes tipo 2, independente da progressão nas variáveis do treinamento.

Palavras-chave: Exercício aeróbio, Pressão arterial, Diabetes mellitus.

INTRODUÇÃO

Juntamente com nutrição saudável e medicação antidiabética, o exercício é um dos pilares do tratamento do DM2 (ADA, 2022). Nesse cenário, o treinamento aeróbio se destaca. Essa modalidade de treinamento é eficaz na melhora da hemoglobina glicada (HbA1c) (SCHWINGSHACKL et al., 2014), principal alvo terapêutico a ser melhorado, e outros desfechos importantes, como inflamação sistêmica (HAYASHINO et al., 2014), aptidão

cardiorrespiratória (BELLI et al., 2011), qualidade de vida (DELEVATTI et al., 2018) e pressão arterial (PA) (FIGUEIRA et al., 2013).

Considerando a eficácia já estabelecida do treinamento aeróbio no tratamento da doença (COLBERG, 2017), alguns estudos buscam identificar se a manipulação de diferentes variáveis do treinamento pode maximizar seus benefícios, investigando, por exemplo, o método intervalado (ALVAREZ et al., 2016), diferentes intensidades (BOULÉ et al., 2003; LIUBAOERJIJIN et al., 2016), durações (LI et al., 2012; UMPIERRE, 2011), frequências semanais (UMPIERRE et al., 2013) e ambientes de treinamento (água versus terra) (DELEVATTI et al., 2016b, 2016c, 2018). Além disso, uma revisão sistemática recente mostrou que intervenções com exercícios aeróbios com progressão das variáveis de treinamento promovem diminuição mais expressiva da HbA1c quando comparadas a programas de exercícios sem progressão (DELEVATTI et al., 2019b). Embora as recomendações atuais orientem a progressão nas variáveis de treinamento, como intensidade, duração e/ou frequência semanal (ADA, 2022; COLBERG, 2017), não está claro seus efeitos em variáveis importantes como a PA. Possivelmente, o ajuste ou incremento da carga de treinamento por progressão impacta em desfechos fisiológicos, como a PA, porém como tal progressão deve ser feita e se há espaço para melhora associada a mudanças no treinamento ainda é incerto, pois faltam ensaios clínicos e consequentemente revisões sistemáticas com metanálises que investigam os efeitos da progressão do treinamento aeróbio em desfechos importantes no controle do DM2.

Entre os importantes desfechos a serem investigados para o controle do DM2 está a PA, pois a hipertensão está fortemente relacionada ao DM2 e sua coexistência aumenta consideravelmente o risco de doença arterial coronariana, insuficiência cardíaca congestiva, hipertrofia ventricular esquerda e acidente vascular cerebral quando comparado à hipertensão isolada ou DM2 (GROSSMAN; GROSSMAN, 2017). Portanto, é importante avaliar e controlar a PA de pacientes com DM2, evitando possíveis complicações.

Assim, investigar os efeitos de programas de exercícios aeróbios com e sem progressão das variáveis de treinamento e analisar ainda mais as diferentes formas de progressão nos desfechos relacionados ao controle do DM2, especificamente na PA, torna-se importante, pois elucidará dúvidas sobre a prescrição de exercícios para essa população. Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática com metanálise e meta-regressão de estudos clínicos analisando os efeitos do treinamento aeróbio com e sem progressão (PAT e NPAT) na PA de pacientes com DM2.

MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática com meta-análise e meta-regressão de ensaios clínicos randomizados. O estudo foi registrado na plataforma PROSPERO (CRD42018091905) e foi escrito de acordo com as recomendações atuais do PRISMA (MOHER et al., 2009).

Busca de artigos

Para a busca dos artigos foram utilizadas as bases de dados *PubMed*, *Cochrane Central*, *SPORTDiscus* e *LILACS*. As buscas foram realizadas em junho de 2018 e não houve restrições quanto ao idioma e ano de publicação. Os termos “*Diabetes Mellitus, type 2*”, “*Exercise*” e “*Randomized clinical trial*” foram usados juntos. Os operadores booleanos “*OR*” e “*AND*” foram utilizados para a busca nas bases de dados e a busca foi realizada utilizando os termos *MeSH* com seus respectivos sinônimos. A estratégia de busca utilizada na base de dados *PubMed* é apresentada no Arquivo Suplementar 1.

Critérios de elegibilidade

Foram considerados elegíveis os ensaios clínicos publicados em inglês, espanhol e português, que incluíram adultos (≥ 18 anos) de ambos os sexos com DM2 independentemente de apresentarem outras comorbidades e que participassem de uma intervenção com treinamento aeróbio supervisionado por pelo menos oito semanas. Esses ensaios clínicos deveriam conter comparações entre pelo menos um grupo de treinamento aeróbio e um grupo controle que não realizava nenhuma intervenção de exercício. Para serem elegíveis, os estudos deveriam fornecer valores pré e pós-intervenção para pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD) ou a diferença entre as médias pré e pós-intervenção e seus respectivos valores de dispersão. Foram considerados apenas os valores clínicos da pressão arterial, sendo avaliados com indivíduos em repouso pelo método auscultatório ou com aparelhos automáticos. Foram excluídos todos os estudos em que o treinamento aeróbio foi combinado com outro tipo de exercício físico.

Seleção dos estudos

A primeira fase de seleção dos artigos foi realizada por meio da leitura do título e resumo de acordo com os critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Isso foi realizado por dois pesquisadores (I.H e G.B) de forma independente e posteriormente comparados para definir os estudos a serem lidos na íntegra durante a segunda fase da seleção. Essa etapa consistiu na leitura dos textos e na seleção dos estudos de acordo com os critérios de

elegibilidade previamente estabelecidos, também revisados independentemente (I.H e G.B). Os estudos selecionados pelos pesquisadores nesta fase foram comparados para observar possíveis diferenças na seleção e em caso de discordância, um terceiro pesquisador (R.S.D) foi consultado para chegar a um consenso.

Extração de dados

A extração dos dados foi realizada de forma independente pelos mesmos pesquisadores que realizaram a seleção dos artigos, utilizando um formulário padronizado. Os dados extraídos foram previamente definidos e categorizados de acordo com a caracterização da amostra, a intervenção e os resultados do estudo.

Para as informações de caracterização da amostra, foram considerados os seguintes dados: idade média, tempo de doença, estado de treinamento, comorbidades, co-intervenção nutricional, eventos adversos, adesão e *drop-outs*. Para informações relacionadas à intervenção, foram considerados os seguintes dados: tempo de intervenção, modalidade, método, duração da sessão, frequência semanal, duração semanal e intensidade. Em relação à duração da sessão, frequência semanal e dados de intensidade, os estudos que de alguma forma relataram mudanças nessas variáveis durante a intervenção foram classificados como PAT, foi considerada a variável em que a progressão foi realizada e o número de progressões realizadas durante a intervenção. Os estudos que não promoveram mudanças nessas variáveis ou não relataram isso claramente foram classificados como NPAT.

Com relação às informações relacionadas aos desfechos dos estudos, foram considerados: valores de PAS e PAD, com medidas de média e dispersão. As informações extraídas foram divididas de acordo com os grupos intervenção e controle.

Risco de viés

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada de forma independente por dois pesquisadores. Em caso de discordância, um terceiro pesquisador foi consultado para chegar a um consenso. Para esta avaliação, foram considerados os seguintes critérios: geração de sequência adequada na randomização dos participantes, ocultação da alocação, cegamento dos avaliadores, descrição das perdas amostrais e realização da análise por intenção de tratar.

O risco de viés foi avaliado de acordo com o manual (HIGGINS; GREEN, 2012) e classificado como: alto risco, quando os critérios avaliados não foram relatados ou não foram aplicados nos estudos; baixo risco, quando os critérios avaliados foram aplicados e executados adequadamente; não está claro, quando os critérios foram relatados de forma inadequada.

Análise de dados

As estimativas de efeito agrupadas foram calculadas a partir das pontuações de mudança entre a linha de base e o final da intervenção, seus desvios padrão e o número de participantes. Os estudos que utilizaram outras medidas de dispersão, como o erro padrão, tiveram seus valores convertidos para desvio padrão. Os resultados são apresentados como diferenças médias e os cálculos foram realizados usando modelos de efeitos aleatórios. A heterogeneidade estatística dos efeitos do tratamento entre os estudos foi avaliada pelo teste Q de *Cochran* e pelo teste de inconsistência I^2 . Considerou-se que valores $>50\%$ indicavam alta heterogeneidade (HIGGINS; GREEN, 2012).

Análises de subgrupos foram realizadas para progressão do treinamento (sem progressão, qualquer tipo de progressão, progressão de intensidade, progressão de duração e progressão de duração e intensidade), status de treinamento dos participantes, presença de comorbidades e modalidade de treinamento aeróbio. Análises de meta-regressão foram realizadas para investigar possíveis fatores de confusão: idade média (anos), índice de massa corporal (IMC) (kg/m^2), duração do acompanhamento (semanas), frequência semanal (número de sessões por semana), duração semanal (min), PAS basal, PAD basal e número de usuários de medicamentos para baixar a PA. Para o status de treinamento, foram considerados não treinados aqueles em que os estudos relataram ser sedentários, inativos, destreinados ou inativos.

Forest plots foram gerados para apresentar o efeito combinado e as diferenças médias padronizadas com intervalos de confiança de 95% (ICs). A significância estatística foi estabelecida em um valor de $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas no *software OpenMeta Analyst*, versão 10.10 (WALLACE et al., 2012).

RESULTADOS

Seleção dos estudos

A busca geral resultou em 4186 estudos. Após a exclusão dos estudos duplicados, restaram 3.415 artigos. Destes, 3.361 foram excluídos após a leitura de títulos e resumos por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Assim, 54 artigos foram selecionados para leitura na íntegra. Finalmente, 17 artigos (ABDELAAL; MOHAMAD, 2015; ALVAREZ et al., 2016; ARORA; SHENOY; SANDHU, 2009; BRASSARD et al., 2007; JORGE et al., 2011; KADOGLOU et al., 2007, 2010; KURBAN et al., 2011; MAHARAJ; NUHU, 2016; MONTEIRO; FIANI; FOSS, 2010; NUTTAMONWARAKUL; AMATYAKUL; SUKSOM,

2012; PARRA-SÁNCHEZ et al., 2015; RAHBAR et al., 2017; SIGAL et al., 2007; SRIDHAR et al., 2010; YAVARI A. et al., 2012; YAVARI; HAJIYEV; NAGHIZADEH, 2010) preencheram todos os critérios de inclusão e foram incluídos na análise quantitativa. Dos 17 artigos incluídos, nove tiveram progressão de uma ou mais variáveis de treinamento (ABDELAAL; MOHAMAD, 2015; ALVAREZ et al., 2016; BRASSARD et al., 2007; KADOGLOU et al., 2007; MAHARAJ; NUHU, 2016; RAHBAR et al., 2017; SIGAL et al., 2007; YAVARI A. et al., 2012; YAVARI; HAJIYEV; NAGHIZADEH, 2010), enquanto os outros oito artigos não envolveram progressão (ARORA; SHENOY; SANDHU, 2009; JORGE et al., 2011; KADOGLOU et al., 2010; KURBAN et al., 2011; PARRA-SÁNCHEZ et al., 2015; SRIDHAR et al., 2010; MONTEIRO; FIANI; FOSS, 2010)(Fig. 1).

Características dos estudos

No total, os estudos incluíram 884 participantes, dos quais 448 compuseram os grupos de treinamento e 436 participaram dos grupos de controle. A maioria dos estudos (66,7%) analisou participantes de ambos os sexos, dois estudos (11,1%) analisaram apenas participantes do sexo feminino e quatro estudos (22,2%) não informaram o sexo dos participantes. A maioria dos estudos (66,7%) incluiu participantes não treinados anteriormente e 22,2% dos estudos não relataram claramente o status de treinamento dos participantes (Tabela 1).

Características das intervenções

O período de intervenção variou entre 8 e 52 semanas, com a maioria dos estudos (82,3%) investigando programas de 12 semanas ou mais. Entre os nove estudos caracterizados como PAT (53%), três relataram progressão apenas na variável duração (33,3%), dois relataram progressão apenas na variável intensidade (22,2%), quatro relataram progressão na duração e intensidade (44,4%) e nenhum estudo relatou progressão na frequência semanal. Apenas dois estudos utilizaram o método intervalado. A maioria dos estudos utilizou ergômetros (esteira, cicloergômetro e aparelho elíptico) para treinamento (77,7%). Quanto ao treinamento aeróbio sem progressão, foram incluídos oito estudos (47%), sendo o método contínuo aplicado em todos os estudos. Metade dos estudos utilizou a caminhada ao ar livre como modalidade de treinamento (Tabela Complementar 2).

Análise do risco de viés

Em relação à qualidade metodológica dos estudos, observou-se que apenas quatro estudos (23,5%) realizaram a randomização dos participantes, enquanto a maioria dos estudos

relatou o processo de forma inadequada. A ocultação da alocação foi relatada em quatro estudos (23,5%), o cegamento dos avaliadores foi aplicado em quatro estudos (23,5%), a descrição das perdas amostrais foi relatada em 11 estudos (64,7%) e a análise dos dados por intenção de tratar foi realizado em sete estudos (41,2%) (Tabela Complementar 3). Observadas separadamente, as maiores diferenças na qualidade metodológica foram observadas no cegamento dos avaliadores (PAT: 33,3%; NPAT: 12,5%), descrição das perdas amostrais (PAT: 77,8%; NPAT: 50,0%) e análise dos dados por intenção de tratar (PAT: 33,3%; NPAT: 50,0%).

Efeito das intervenções

Efeitos do treinamento aeróbio (visão geral)

Em geral, o treinamento aeróbio foi eficaz tanto na redução da PAS (mean difference: -7,42 mmHg; IC 95%-8,41, -6,44; $p < 0,001$; I^2 : 8%) quanto na PAD (mean difference: -3,84 mmHg; IC 95%-5,17, -2,51; $p = 0,001$; I^2 : 51%).

Efeitos do treinamento aeróbio contínuo

Excluindo-se da análise apenas os dois estudos que utilizaram o método intervalado, foram encontradas reduções significativas da PA em relação aos grupos controle. Para PAS as reduções foram de 7,72 mmHg (IC 95% -8,66, -6,78; $p < 0,001$; I^2 : 0%) e para PAD as reduções foram de 4,22 mmHg (IC 95% -5,70, -2,73; $p < 0,001$; I^2 : 49%).

Efeitos do treinamento aeróbio na PAS (PAT e NPAT)

Dados referentes às respostas da PAS ao NPAT estavam presentes em oito estudos que compararam esse treinamento com um grupo controle, totalizando 407 participantes (NPAT: $n = 212$; controle: $n = 195$). A NPAT foi associada a uma diminuição de 8,07 mmHg (IC 95%-9,37, -6,77; $p < 0,001$; I^2 : 0%) na PAS quando comparado à não realização de nenhuma intervenção (figura. 2A).

Quanto ao PAT, nove estudos apresentaram dados referentes às respostas da PAS ao treinamento, totalizando 482 participantes (PAT: $n = 241$; controle: $n = 241$). A PAT foi associada a uma redução de 6,78 mmHg (IC 95%-8,36, -5,19; $p < 0,001$; I^2 : 24%) na PAS quando comparado a nenhuma intervenção (figura 2B).

Efeitos do treinamento aeróbio na PAD (PAT e NPAT)

Dados relacionados às respostas da PAD ao NPAT estavam disponíveis em oito estudos que compararam esse treinamento com grupos controle, num total de 407 participantes (NPAT

= n: 212; controle = n: 195). A NPAT foi associada a uma redução de 5,71 mmHg (IC 95% -7,15, -4,28; $p < 0,001$; I^2 : 0%) na PAD quando comparado a nenhuma intervenção (figura 3A).

Quanto ao PAT, nove estudos apresentaram dados referentes às respostas da PAD ao treinamento, totalizando 482 participantes (PAT: n = 241; controle: n = 241). O PAT foi associado a uma redução de 3,10 mmHg (IC 95% -4,89, -1,30; $p < 0,001$; I^2 : 62%) na PAD quando comparado à não realização de nenhuma intervenção (figura 3B).

Efeitos de diferentes progressões na PAS

Ao observar a progressão do treinamento apenas na duração, três estudos apresentaram dados relacionados à redução da PAS em resposta a esse treinamento, totalizando 136 participantes (progressão na duração: n = 69; controle: n = 67). O treinamento com progressão na duração foi associado a uma redução de 5,99 mmHg (IC 95% -9,56, -2,42; $p < 0,001$; I^2 : 44%) na PAS quando comparado a nenhuma intervenção.

Dados de redução da PAS em resposta ao treinamento com progressão de intensidade estavam disponíveis em apenas dois estudos, num total de 84 participantes (progressão de intensidade: n = 42; controle: n = 42). Não foi encontrada redução significativa da PAS nos grupos com progressão da intensidade de treinamento em relação aos grupos controle (mean difference: -4,46 mmHg; IC 95% -12,84, 3,92; $p = 0,297$; I^2 : 82%).

Quanto à progressão tanto em duração quanto em intensidade, quatro estudos apresentaram dados referentes às respostas a esse treinamento na PAS, totalizando 262 participantes (progressão em duração e intensidade: n = 130; controle: n = 132). O treinamento com progressão em duração e intensidade foi associado a uma redução de 7,24 mmHg (IC 95% -9,28, -5,20; $p < 0,001$; I^2 : 0%) na PAS quando comparado a nenhuma intervenção.

Efeitos de diferentes progressões na PAD

Os estudos que analisaram os efeitos da progressão do treinamento aeróbio sobre a PAD são os mesmos estudos citados anteriormente que analisaram os efeitos da progressão do treinamento sobre a PAS.

Uma redução de 2,56 mmHg (IC 95% -4,45, -0,67; $p = 0,008$; I^2 : 0%) foi encontrada na PAD dos participantes que realizaram treinamento com progressão de duração quando comparados aos grupos sem intervenção.

Quanto ao treinamento com progressão na intensidade, apenas dois estudos continham dados referentes à redução da PAD, com um total de 84 participantes (grupos com progressão na intensidade: n = 42; grupos controle: n = 42). Uma redução significativa de 2,56 mmHg (IC

95% -3,93, -1,19; $p < 0,001$; I^2 : 0%) foi encontrada nos grupos que realizaram o treinamento com progressão de intensidade quando comparados aos grupos controle.

Por fim, quatro estudos continham dados de PAD em resposta ao PAT em duração e intensidade, com um total de 262 participantes (grupos com progressão em duração e intensidade: $n = 130$; grupos controle: $n = 132$). Não houve redução significativa da PAD naqueles treinamentos com progressão em duração e intensidade quando comparados aos grupos controle (mean difference: -3,92 mmHg; IC 95% -7,87, 0,02; $p = 0,051$; I^2 : 58%).

Efeitos do treinamento aeróbio de acordo com o nível de treinabilidade

As análises realizadas com participantes classificados como não treinados indicaram redução significativa na PAS (mean difference: -7,10; IC 95% -8,09, -6,11; $p < 0,001$; I^2 : 0%) e da PAD (mean difference: -3,40; IC 95% -4,87, -1,92; $p < 0,001$; I^2 : 50%) em resposta ao treinamento aeróbio. Nos estudos que não relataram o nível de treinamento dos participantes, reduções significativas para PAS (mean difference: -8,35; IC 95% -11,41, -5,30; $p < 0,001$; I^2 : 10%) e PAD (mean difference: -6,31; IC 95% -8,00, -4,62; $p < 0,001$; I^2 : 0%).

Efeitos do treinamento aeróbio em sujeitos com e sem comorbidades

A presença ou ausência de comorbidades não influenciou os efeitos do treinamento aeróbio na PAS e PAD. O treinamento aeróbio promoveu redução significativa de 7,47 mmHg (IC 95% -8,84, -6,10; $p < 0,001$; I^2 : 41%) e 6,64 mmHg (IC 95% -8,87, -4,40; $p < 0,001$; I^2 : 0%) na PAS de pessoas com e sem comorbidades, respectivamente. Em relação à PAD, o treinamento aeróbio também proporcionou redução significativa para pessoas com (mean difference: -4,28; IC 95% -6,16, -2,39; $p < 0,001$; I^2 : 72%) e sem comorbidades (mean difference: -3,05 mmHg; IC 95% -4,65, -1,45; $p < 0,001$; I^2 : 0%). Entre as comorbidades relatadas pelos estudos estão obesidade, sobrepeso, hipertensão e disfunção diastólica do ventrículo esquerdo.

Efeitos do treinamento aeróbio de acordo com as modalidades de treinamento

A análise de acordo com as modalidades de treinamento indicou que elas causam resultados diferentes na PA. Estudos que utilizaram treinamento de caminhada e corrida mostraram reduções significativas tanto na PAS (mean difference: -5,90; IC 95% -7,69, -4,11; $p < 0,001$; I^2 : 3%) quanto na PAD (mean difference: -3,65; IC 95% -6,09, -1,21; $p = 0,03$; I^2 : 49%). Estudos que utilizaram protocolos de treinamento em cicloergômetro não mostraram reduções significativas na PAS (mean difference: 0,16; IC 95% -11,73, 12,06; $p = 0,978$; I^2 : 0%) e na PAD (mean difference: -3,65; IC 95% -11,52, 4,22; $p = 0,363$; I^2 : 0%). Estudos que utilizaram a

combinação de modalidades (esteira, cicloergômetro e aparelho elíptico) mostraram as maiores reduções na PAS (mean difference: -8,22; IC 95% -9,31, -7,12; $p < 0,001$; $I^2:0\%$), e também apresentaram reduções na PAD (mean difference: -3,85; IC 95% -6,41,-1,28; $p = 0,003$; $I^2:71\%$).

Análises de Meta-regressão

De acordo com os resultados das análises de meta-regressão, idade, duração semanal, período de intervenção e IMC não foram associados à redução da PAS. No entanto, a PAS basal (β : -0.143; IC -0.274, -0.011; $p = 0,033$), frequência semanal (β : -1.420; IC -2.551, -0.289; $p = 0,014$) e o número de usuários de anti-hipertensivos na amostra (β : -0.282; IC -0.492, -0.072; $p = 0,008$) estiveram associadas à redução da PAS, sendo considerados preditores da redução dessa variável em decorrência do treinamento aeróbio. Assim, quanto maior a PAS basal, a frequência semanal e o número de usuários de anti-hipertensivos na amostra, maior a redução da PAS devido ao treinamento aeróbio.

Para PAD, os valores basais de PAD foram associados a uma diminuição na resposta ao treinamento (β : -0.228; IC -0.366, -0.090; $p = 0,001$). As demais variáveis não estiveram associadas à redução da PAD (Tabela Complementar 3).

DISCUSSÃO

Esta metanálise incluiu 17 estudos contendo dados de 884 participantes e teve como objetivo analisar os efeitos do treinamento aeróbio com e sem progressão na PA de pacientes com DM2. Nossa pesquisa mostrou que o treinamento aeróbio é eficaz na redução da PAS e PAD independentemente de o treinamento progredir ou não.

A redução da PAS encontrada na presente metanálise por meio do treinamento aeróbio (-7,42 mmHg) foi maior do que a redução apresentada em metanálise anterior alcançada com tratamento farmacológico (-4,65mmHg) em pacientes com DM2 (NOGUEIRA et al., 2020). Essa mesma metanálise não encontrou redução significativa da PAD após tratamento farmacológico (-1,81 mmHg; IC95%: -3,7; 0,1; $p = 0,065$) (NOGUEIRA et al., 2020), diferentemente do nosso estudo que mostrou diminuição da PAD após treinamento aeróbio (-3,31mmHg). Uma segunda metanálise mostrou redução de 3,5 mmHg na PAS e redução de 2,5 mmHg na PAD após treinamento aeróbio em adultos hipertensos e normotensos (CORNELISSEN; SMART, 2013). A comparação dos achados desses dois estudos metanalíticos com os do presente estudo reforça a relevância do treinamento aeróbio no controle não farmacológico da PA, principalmente em pacientes com DM2. Ainda assim, é importante

destacar a relevância clínica de nossos achados, uma vez que a redução de 5 a 6 mmHg na PA está associada a um risco 35-40% menor de acidente vascular cerebral e 20-25% menor risco de doença arterial coronariana (COLLINS et al., 1990).

Além disso, nossos achados sugerem que, quando analisados separadamente, o NPAT teve maior magnitude tanto na redução da PAS (-8,07 mmHg) quanto na PAD (-5,71 mmHg) em relação ao PAT, que teve redução de 6,78 mmHg na PAS e redução de 3,10 mmHg na PAD. É importante destacar que estudos que tiveram progressão de treinamento iniciaram intervenções com valor médio de PAS inferior em comparação a estudos sem progressão de treinamento, o que implica em menor magnitude de redução em protocolos progressivos, uma vez que os valores basais de PAS foram preditores do efeito do treinamento em análise de meta-regressão. Além disso, estudos que tiveram progressão do treinamento tiveram duração média e intensidade menores do que estudos sem progressão. Como a dosagem do treinamento (intensidade e duração) é importante para a redução da pressão arterial (KEESE et al., 2012; SANTANA et al., 2013; KAROLINE DE MORAIS et al., 2015), incluindo pacientes com DM2 (KAROLINE DE MORAIS et al., 2015), é importante considerar isso ao avaliar estudos com progressão do treinamento. Assim, em nosso estudo, os estudos de PAT apresentaram reduções importantes da PA antes mesmo de atingir a dosagem recomendada ou semelhante às utilizadas nos estudos de NPAT.

Ao analisar apenas os estudos que utilizaram o método de treinamento contínuo, a redução da PAS (-7,72 mmHg) e da PAD (-4,22 mmHg) permaneceu muito próxima da análise geral (contínua e intervalada), com magnitude de redução um pouco maior. Esses achados corroboram metanálises com DM2 (SANTANA et al., 2013) e insuficiência cardíaca (DE NARDI et al., 2018) comparando as respostas pressóricas entre os métodos contínuo e intervalado, que encontraram efeito em ambos os métodos.

Embora as principais diretrizes de cuidado ao paciente com DM2 (ADA, 2022) aconselhem a progressão do treinamento em intensidade, frequência e/ou duração, ainda faltam estudos que sigam essas recomendações e indiquem qual(is) tipo(s) de progressão potencializa os benefícios promovidos pelo treinamento. Em geral, quando essas variáveis progredirem, isso ocorre até que as doses recomendadas sejam atingidas. Assim, faltam evidências sobre a continuidade da formação após o alcance de tais recomendações e sobre as respostas a essa formação continuada. Na presente revisão, após análises de subgrupos, apenas os estudos que tiveram progressão na duração tiveram redução tanto na PAS (-5,99 mmHg) quanto na PAD (-2,56 mmHg). As intervenções envolvendo treinamento com progressão de intensidade foram eficazes apenas na redução da PAD (-2,56 mmHg), mas sem redução da PAS ($p = 0,297$). Por

fim, os programas de treinamento com progressão tanto na duração quanto na intensidade resultaram em maiores reduções da PAS (-7,24 mmHg), sem, no entanto, alterar significativamente a PAD ($p = 0,051$). No entanto, apenas dois estudos foram incluídos nesta análise, tornando a afirmação frágil, além do p-valor demonstrar tendência à significância estatística. Ainda assim, programas de treinamento que evoluam tanto em duração quanto em intensidade podem ser uma boa estratégia de treinamento quando o objetivo é reduzir a PAS. Ressalta-se também que programas de treinamento com progressão em duração e intensidade também são muito eficazes na redução da HbA1c (DELEVATTI et al., 2019b), desfecho primário no controle do DM2.

Na análise de acordo com o nível de treinamento, a maioria dos estudos incluiu pessoas não treinadas (76%), enquanto quatro estudos não relataram o status de treinamento de suas amostras. Essas subanálises indicaram que, nesses dois cenários, a PAS e PAD diminuíram significativamente. Nenhum estudo propôs a comparação das respostas da PA em pacientes treinados e não treinados e, mesmo em pessoas não diabéticas, faltam estudos que explorem essa variável em termos crônicos. De forma aguda, não há consenso sobre a influência do nível de treinamento nas respostas da PA ao exercício aeróbio, com estudos indicando que não há diferença nessas respostas quando comparados indivíduos treinados e não treinados (SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002) ou maiores reduções na PA em indivíduos treinados (IMAZU et al., 2017; SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002), o que pode estar associado ao melhor condicionamento físico desses indivíduos e à melhora da função endotelial. Em relação aos efeitos do treinamento (PAT e NPAT) na presença ou não de comorbidades, não houve influência nos resultados para PAS e PAD, embora a maioria dos estudos não tenha relatado se havia comorbidades, o que dificulta a associação dos efeitos com esse fator. No caso dos estudos que mencionaram as comorbidades das amostras investigadas, obesidade/sobrepeso e hipertensão foram as doenças mais relatadas. A literatura mostra que indivíduos hipertensos parecem ser mais responsivos ao treinamento quando comparados a indivíduos normotensos, tanto na PAS quanto na PAD (CORNELISSEN; SMART, 2013), e, ao analisar os estudos individualmente, Sridhar et al. 2010 apresentaram a maior redução da PAS, tendo relatado a presença de hipertensão em sua amostra. Além disso, indivíduos obesos apresentam valores mais elevados nas variáveis hemodinâmicas e também função autonômica alterada quando comparados a indivíduos eutróficos (ROSSI et al., 2015), e o treinamento aeróbio, por promover melhorias nessas variáveis e conseqüentemente melhorar os parâmetros hemodinâmicos, causa efeitos de maior magnitude nessa população (ROSSI et al., 2015; YOSHIKAWA et al., 2019). Estudos como Kadoglou et al. 2007 e

Kadoglou *et al.* 2010 relataram a presença de obesidade em suas amostras e mostraram maiores reduções na PAS.

Na análise dos subgrupos relacionados às modalidades utilizadas no treinamento, a combinação das modalidades em uma mesma intervenção proporcionou a maior diminuição da PAS (-8,22 mmHg), e também apresentou redução da PAD (-3,85 mmHg). Seguiram-se as modalidades isoladas de caminhada e/ou corrida, ambas eficazes na redução da PAS e PAD. Em contrapartida, o uso de cicloergômetros no treinamento não foi efetivo na redução da PA. Uma possível explicação para esses achados pode estar associada à quantidade de massa muscular utilizada no exercício e conseqüentemente menor gasto energético do que caminhar/correr em mesma intensidade relativa (ZENI; HOFFMAN; CLIFFORS, 1996). Apesar de nenhum estudo ter analisado os efeitos de diferentes modos de exercício da PA, parece razoável especular que modos de exercício que requerem maiores quantidades de massa muscular e gasto energético podem resultar em melhores resultados na saúde, como redução da PA, para pacientes com DM2. Contrariando nossos achados, um estudo de revisão sistemática com metanálise observou que as maiores quedas da PA pós-exercício parece ocorrer nas modalidades caminhada e corrida, seguidas pela combinação de modalidades e por último as modalidades cicloergômetro e treinamento resistido, possivelmente devido à função da massa muscular envolvida (CARPIO-RIVERA *et al.*, 2016). No entanto, as diferenças observadas nos resultados em relação às modalidades são inconclusivas na literatura e os estudos que investigam a influência desse fator são escassos (CASONATTO; POLITO, 2009), principalmente no que diz respeito ao efeito crônico do treinamento em pacientes com DM2. Também é importante destacar que o uso da combinação de modalidades no treinamento pode influenciar positivamente na motivação e adesão dos participantes aos programas de treinamento em longo prazo.

Análises de meta-regressão foram realizadas para identificar possíveis moderadores dos efeitos do treinamento aeróbio sobre a PA. Curiosamente, apenas os valores basais da PAD foram associados à sua redução, enquanto para os valores basais da PAS, a frequência semanal de treinamento e o número de usuários de anti-hipertensivos incluídos na amostra foram associados à redução. Em relação à PAS e PAD basal, esses achados estão de acordo com a literatura que indica que pacientes com níveis de PA mais elevados são os mais responsivos ao treinamento (CORNELISSEN; SMART, 2013). Nesse sentido, sugere-se que o efeito do treinamento seja potencializado em pacientes com valores de PA mais elevados e não bem controlados, apresentando maior amplitude de melhora em relação aos pacientes com valores mais baixos já bem controlados.

Em relação à frequência semanal, os estudos que apresentaram as maiores frequências semanais de exercício físico (quatro e cinco vezes por semana), parecem ter as melhores respostas na PAS (-6,90 mmHg; -6,29 mmHg; -8,71 mmHg) (KADOGLOU et al., 2007, 2010; SRIDHAR et al., 2010). No entanto, um estudo recente (CHIN et al., 2020), comparando diferentes frequências semanais (uma, duas ou três vezes por semana) de exercício HIIT mais exercício moderado contínuo, com três sessões semanais, mostrou uma diminuição da PAS independentemente do tipo de treino e frequência semanal. O resultado positivo encontrado quanto à frequência semanal é de grande aplicação prática, evidenciando o poder moderador do número de sessões, quando o mesmo não ocorre com duração semanal. Isso indica que a variável duração do treinamento deve ser vista de forma mais específica, pois a soma do já demonstrado (COLLINS et al., 1990) efeito hipotensor agudo do exercício aeróbio parece ter mais repercussões crônicas para esses pacientes do que as demais variáveis do treinamento. Outro moderador encontrado foi o número de usuários de anti-hipertensivos na amostra. Maiores reduções da PAS foram encontradas em estudos que relataram maior número de usuários de medicamentos específicos para o desfecho em questão. Esse resultado implica o entendimento de que pacientes já medicados para controle da PA ainda se beneficiam dos efeitos do treinamento, pois parecem ser os mais responsivos.

Na direção de nossos achados, recentemente Noone *et al.* (2020) e Lavie *et al.* (2020) evidenciaram que a terapia não farmacológica, incluindo treinamento físico, deve ser considerada como terapia de primeira linha para hipertensão pelo menos leve. Especificamente em relação ao treinamento físico, devido ao seu baixo custo, ausência de efeitos colaterais e ausência de interações medicamentosas, especialmente considerando o conhecido impacto na melhora dos níveis de aptidão cardiorrespiratória (ACR), talvez o mais forte marcador de risco de DCV, o treinamento físico deve fazer parte de todo tratamento anti-hipertensivo.

As diretrizes sobre DM2 (ADA, 2020) sugerem que as variáveis de treinamento devem progredir por meio das intervenções, mas não está claro como essa progressão deve ser realizada. Em outra meta-análise (DELEVATTI et al., 2019b) comparando as respostas do treinamento aeróbio com e sem progressão, verificou-se que os estudos que realizaram progressão foram os que apresentaram maiores reduções de HbA1c, principalmente quando progrediram em duração e intensidade. Em nosso estudo, ambas as formas de treinamento (com e sem progressão) foram eficazes na redução da PA. Analisando apenas os estudos que progrediram, a progressão em duração e intensidade novamente se mostrou mais efetiva. Assim, nosso estudo pode estar complementando as informações das diretrizes e elucidando lacunas na prescrição de treinamento para essa população.

Por fim, esta metanálise apresenta algumas limitações, como o alto grau de heterogeneidade em algumas comparações e a baixa qualidade metodológica de alguns estudos incluídos. Além disso, alguns estudos não forneceram informações importantes sobre os procedimentos metodológicos, tornando difícil determinar se o risco de viés era alto ou baixo. Ainda, alguns estudos não relataram informações importantes sobre o treinamento e as características dos participantes, como número de progressões e comorbidades, respectivamente. Por fim, apesar de possuir um número total considerável de artigos elegíveis, algumas subanálises tiveram uma amostra pequena de estudos. Por outro lado, o presente estudo contribui para a literatura sobre treinamento físico e tratamento de fatores agravantes do DM2, por meio da utilização da abordagem meta-analítica para examinar os efeitos do treinamento aeróbio sobre os níveis pressóricos.

CONCLUSÃO

Com base em nossos resultados, conclui-se que o treinamento aeróbio é eficaz na redução da PA em pacientes com DM2 independentemente de haver ou não progressão nas variáveis de treinamento. Por fim, o treinamento aeróbio pode ser uma das formas de controle da PA em pacientes com DM2, além disso, a combinação de modalidades, assim como frequências semanais mais elevadas devem ser especialmente consideradas no planejamento do treinamento físico.

REFERÊNCIAS

- ABDELAAL, A. A. M.; MOHAMAD, M. A. Obesity indices and haemodynamic response to exercise in obese diabetic hypertensive patients: Randomized controlled trial. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 9, n. 5, p. 475–486, set. 2015.
- ADA, American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes—2020; 2020.
- ALVAREZ, C. et al. Low-Volume High-Intensity Interval Training as a Therapy for Type 2 Diabetes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 9, p. 723–729, ago. 2016.
- ARORA, E.; SHENOY, S.; SANDHU, J. S. Effects of resistance training on metabolic profile of adults with type 2 diabetes. **INDIAN J MED RES**, p. 5, 2009.
- BELLI, T. et al. Effects of 12-week overground walking training at ventilatory threshold velocity in type 2 diabetic women. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 93, n. 3, p. 337–343, set. 2011.
- BOULÉ, N. G. et al. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. **Diabetologia**, v. 46, n. 8, p. 1071–1081, ago. 2003.

- BRASSARD, P. et al. Normalization of Diastolic Dysfunction in Type 2 Diabetics after Exercise Training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 11, p. 1896–1901, nov. 2007.
- CARPIO-RIVERA, E. et al. Acute Effects of Exercise on Blood Pressure: A Meta-Analytic Investigation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2016.
- CASONATTO J, POLITO MD. Hipotensão pós-exercício aeróbio: uma revisão sistemática. **Rev Bras Med Esporte**, v. 15, n. 2, p. 151–7, abr. 2009.
- CHIN, E. C. et al. Low-Frequency HIIT Improves Body Composition and Aerobic Capacity in Overweight Men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 52, n. 1, p. 56–66, jan. 2020.
- COLBERG, S. R. Key Points from the Updated Guidelines on Exercise and Diabetes. **Frontiers in Endocrinology**, v. 8, 20 fev. 2017.
- COLLINS, R. et al. Blood pressure, stroke, and coronary heart disease. **The Lancet**, v. 335, n. 8693, p. 827–838, abr. 1990.
- CORNELISSEN, V. A.; SMART, N. A. Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. **Journal of the American Heart Association**, v. 2, n. 1, p. e004473, 23 jan. 2013.
- DE NARDI, A. T. et al. High-intensity interval training versus continuous training on physiological and metabolic variables in prediabetes and type 2 diabetes: A meta-analysis. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 137, p. 149–159, mar. 2018.
- DELEVATTI, R. S. et al. Glucose control can be similarly improved after aquatic or dry-land aerobic training in patients with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 8, p. 688–693, ago. 2016b.
- DELEVATTI, R. S. et al. Glycemic reductions following water- and land-based exercise in patients with type 2 diabetes mellitus. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, v. 24, p. 73–77, ago. 2016c.
- DELEVATTI, R. S. et al. Quality of life and sleep quality are similarly improved after aquatic or dry-land aerobic training in patients with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 21, n. 5, p. 483–488, maio 2018.
- DELEVATTI, R. S. et al. The Role of Aerobic Training Variables Progression on Glycemic Control of Patients with Type 2 Diabetes: a Systematic Review with Meta-analysis. **Sports Medicine - Open**, v. 5, n. 1, dez. 2019b.
- FIGUEIRA, F. R. et al. Aerobic and Combined Exercise Sessions Reduce Glucose Variability in Type 2 Diabetes: Crossover Randomized Trial. **PLoS ONE**, v. 8, n. 3, p. e57733, 11 mar. 2013.
- GROSSMAN, A.; GROSSMAN, E. Blood pressure control in type 2 diabetic patients. **Cardiovascular Diabetology**, v. 16, n. 1, p. 3, dez. 2017.
- HAYASHINO, Y. et al. Effects of exercise on C-reactive protein, inflammatory cytokine and adipokine in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 63, n. 3, p. 431–440, mar. 2014.

HIGGINS, J. P.; GREEN, S. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* : Cochrane Book Series. p. 674, 2012.

IMAZU, A. A. et al. The influence of physical training status on postexercise hypotension in patients with hypertension: a cross-sectional study. **Blood Pressure Monitoring**, v. 22, n. 4, p. 196–201, ago. 2017.

JORGE, M. L. M. P. et al. 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**, v. 60, n. 9, p. 1244–1252, set. 2011a.

KADOGLU, N. P. E. et al. Exercise training ameliorates the effects of rosiglitazone on traditional and novel cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes mellitus. **Metabolism**, v. 59, n. 4, p. 599–607, abr. 2010.

KADOGLU, N. P. E. et al. The anti-inflammatory effects of exercise training in patients with type 2 diabetes mellitus. **European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation**, v. 14, n. 6, p. 837–843, dez. 2007.

KAROLINE DE MORAIS, P. et al. Effects of aerobic exercise intensity on 24-h ambulatory blood pressure in individuals with type 2 diabetes and prehypertension. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 27, n. 1, p. 51–56, 2015.

KEESE, F. et al. Aerobic Exercise Intensity Influences Hypotension Following Concurrent Exercise Sessions. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 02, p. 148–153, fev. 2012.

KURBAN, S. et al. Effect of Chronic Regular Exercise on Serum Ischemia-Modified Albumin Levels and Oxidative Stress in Type 2 Diabetes Mellitus. **Endocrine Research**, v. 36, n. 3, p. 116–123, jul. 2011.

LAVIE CJ, STEWART M, OZEMEK C. Benefits of exercise training on blood pressure and beyond in cardiovascular diseases. **Eur J Prev Cardiol**, v. 27, n. 3, p. 244–6, set. 2020.

LI, J. et al. Duration of exercise as a key determinant of improvement in insulin sensitivity in type 2 diabetes patients. **The Tohoku Journal of Experimental Medicine**, v. 227, n. 4, p. 289–296, 2012.

LIUBAOERJIJIN, Y. et al. Effect of aerobic exercise intensity on glycemic control in type 2 diabetes: a meta-analysis of head-to-head randomized trials. **Acta Diabetologica**, v. 53, n. 5, p. 769–781, out. 2016.

MAHARAJ, S. S.; NUHU, J. M. Rebound exercise: A beneficial adjuvant for sedentary non-insulin-dependent type 2 diabetic individuals in a rural environment: Rebound Exercise for type 2 diabetes. **Australian Journal of Rural Health**, v. 24, n. 2, p. 123–129, abr. 2016.

MOHER, D. et al. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. p. 7, 2009.

MONTEIRO, L. Z.; FIANI, C. R. V.; FOSS, C. Decrease in Blood Pressure, Body Mass Index and Glycemia after Aerobic Training in Elderly Women with Type 2 Diabetes. p. 8, 2010.

- NOGUEIRA, M. et al. Pharmaceutical care-based interventions in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. **Einstein (São Paulo)**, v. 18, p. eRW4686, 27 jan. 2020.
- NOONE C, LEAHY J, MORRISSEY EC, NEWELL J, NEWELL M, DWYER CP, et al. Comparative efficacy of exercise and anti-hypertensive pharmacological interventions in reducing blood pressure in people with hypertension: A network meta-analysis. **Eur J Prev Cardiol**, v. 27, n. 3, p. 247–55, fev. 2020.
- NUTTAMONWARAKUL, A.; AMATYAKUL, S.; SUKSOM, D. Twelve Weeks of Aqua-Aerobic Exercise Improve Physiological Adaptations and Glycemic Control in Elderly Patients with Type 2 **Diabetes**. p. 7, 2012.
- PARRA-SÁNCHEZ, J. et al. Evaluación de un programa de ejercicio físico supervisado en pacientes sedentarios mayores de 65 años con diabetes mellitus tipo 2. **Atención Primaria**, v. 47, n. 9, p. 555–562, nov. 2015.
- RAHBAR, S. et al. Improvement in Biochemical Parameters in Patients with Type 2 Diabetes After Twenty-Four Sessions of Aerobic Exercise: A Randomized Controlled Trial. **Iranian Red Crescent Medical Journal**, v. 19, n. 7, 23 maio 2017.
- ROSSI, R. C. et al. Impact of obesity on autonomic modulation, heart rate and blood pressure in obese young people. **Autonomic Neuroscience**, v. 193, p. 138–141, dez. 2015.
- SANTANA, H. A. P. et al. Exercise intensity modulates nitric oxide and blood pressure responses in hypertensive older women. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 25, n. 1, p. 43–48, abr. 2013.
- SCHWINGSHACKL, L. et al. 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**, v. 57, n. 9, p. 1789–1797, set. 2014.
- SENITKO, A. N.; CHARKOUDIAN, N.; HALLIWILL, J. R. Influence of endurance exercise training status and gender on postexercise hypotension. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 6, p. 2368–2374, 1 jun. 2002.
- SIGAL, R. J. et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. **Annals of Internal Medicine**, v. 147, n. 6, p. 357–369, 18 set. 2007.
- SRIDHAR, B. et al. Increase in the Heart Rate Variability with Deep Breathing in Diabetic Patients after 12-Month Exercise Training. **The Tohoku Journal of Experimental Medicine**, v. 220, n. 2, p. 107–113, 2010.
- UMPIERRE, D. et al. Volume of supervised exercise training impacts glycaemic control in patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-regression analysis. **Diabetologia**, v. 56, n. 2, p. 242–251, fev. 2013.
- UMPIERRE, D. Physical Activity Advice Only or Structured Exercise Training and Association With HbA_{1c} Levels in Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. **JAMA**, v. 305, n. 17, p. 1790, 4 maio 2011.

WALLACE, B. C. et al. Closing the Gap between Methodologists and End-Users: *R* as a Computational Back-End. **Journal of Statistical Software**, v. 49, n. 5, 2012.

YAVARI A. et al. Effect of aerobic exercise, resistance training or combined training on glycaemic control and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. **Biology of Sport**, v. 29, n. 2, p. 135–143, jan. 2012.

YAVARI, A.; HAJIYEV, A. M.; NAGHIZADEH, F. The effect of aerobic exercise on glycosylated hemoglobin values in type 2 diabetes patients. **THE JOURNAL OF SPORTS MEDICINE AND PHYSICAL FITNESS**, v. 50, n. 4, p. 6, 2010.

YOSHIKAWA, T. et al. Aerobic exercise training normalizes central blood pressure regulation after oral glucose loading in overweight/obese men. **Clinical and Experimental Hypertension**, v. 41, n. 1, p. 28–35, 2 jan. 2019.

ZENI AI, HOFFMAN MD, CLIFFORS PS. Energy expenditure with indoor exercise machines. **JAMA**, v. 275, n. 18, p.1424–7, maio 1996.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O treinamento regular de exercícios físicos é capaz de igualar a capacidade funcional e força de preensão manual de idosas com e sem DM2, ainda que suas características antropométricas sejam diferentes, desfavorecendo aquelas com DM2. Além disso, o treinamento aeróbio é eficaz na redução da PA de pacientes com DM2, havendo ou não progressão das variáveis de treinamento. Portanto, o treinamento físico pode ser umas das formas de tratamento não-farmacológico da DM2, sendo benéfico em diferentes desfechos relacionados à saúde dos pacientes, retardando os efeitos deletérios que a doença pode causar. Ainda, sugere-se que a combinação de modalidades, bem como frequências semanais maiores devem ser levadas em consideração para que os resultados sejam mais evidentes, especialmente tratando-se do controle da PA.

REFERÊNCIAS

- ABDELAAL, A. A. M.; MOHAMAD, M. A. Obesity indices and haemodynamic response to exercise in obese diabetic hypertensive patients: Randomized controlled trial. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 9, n. 5, p. 475–486, set. 2015.
- ADA, A. D. A. Standards of Medical Care in Diabetes 2022. p. 1–193, 2022.
- ALVAREZ, C. et al. Low-Volume High-Intensity Interval Training as a Therapy for Type 2 Diabetes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 9, p. 723–729, ago. 2016.
- ARORA, E.; SHENOY, S.; SANDHU, J. S. Effects of resistance training on metabolic profile of adults with type 2 diabetes. **INDIAN J MED RES**, p. 5, 2009.
- AZMON M, GAYUS N, MICHAL H, OLMER L, CUKIERMAN-YAFFE T. The Association between Glucose Control and Functional Indices in Older People with Diabetes. **International Journal of Endocrinology**, v. 2018, p. 1–7, dez. 2018.
- BACCHI, E. et al. Differences in the Acute Effects of Aerobic and Resistance Exercise in Subjects with Type 2 Diabetes: Results from the RAED2 Randomized Trial. **PLoS ONE**, v. 7, n. 12, p. e49937, 5 dez. 2012.
- BELLI, T. et al. Effects of 12-week overground walking training at ventilatory threshold velocity in type 2 diabetic women. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 93, n. 3, p. 337–343, set. 2011.
- BOULÉ, N. G. et al. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. **Diabetologia**, v. 46, n. 8, p. 1071–1081, ago. 2003.
- BRASSARD, P. et al. Normalization of Diastolic Dysfunction in Type 2 Diabetics after Exercise Training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 11, p. 1896–1901, nov. 2007.
- CAMPOS, ACV et al. Prevalence of functional incapacity by gender in elderly people in Brazil: a systematic review with meta-analysis. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 19, n. 3, p.545-559, jun. 2016.
- CARPIO-RIVERA, E. et al. Acute Effects of Exercise on Blood Pressure: A Meta-Analytic Investigation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2016.
- CASONATTO J, POLITO MD. Hipotensão pós-exercício aeróbio: uma revisão sistemática. **Rev Bras Med Esporte**, v. 15, n. 2, p. 151–7, abr. 2009.
- CELIS-MORAIS CA, PETERMANN F, HUI L, LYALL DM, ILIODROMITI S, MCLAREN J, ANDERSON J, WELSH P, MACKAY D, PELL JP, SATTAR N, GILL JMR, GRAY S. Associations Between Diabetes and Both Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality Are Modified by Grip Strength: Evidence From UK Biobank, a Prospective Population-Based Cohort Study. **Diabetes Care**. v.40, n. 12, p. 1710-1718, dez. 2017.

- CHIN, E. C. et al. Low-Frequency HIIT Improves Body Composition and Aerobic Capacity in Overweight Men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 52, n. 1, p. 56–66, jan. 2020.
- CHURCH, T. S. et al. Effects of Aerobic and Resistance Training on Hemoglobin A_{1c} Levels in Patients With Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial. **JAMA**, v. 304, n. 20, p. 2253, 24 nov. 2010.
- COLBERG, S. R. et al. **Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association | Diabetes Care**. Disponível em: <<http://care.diabetesjournals.org/content/39/11/2065>>. Acesso em: 9 maio. 2019.
- COLBERG, S. R. Key Points from the Updated Guidelines on Exercise and Diabetes. **Frontiers in Endocrinology**, v. 8, 20 fev. 2017.
- COLLINS, R. et al. Blood pressure, stroke, and coronary heart disease. **The Lancet**, v. 335, n. 8693, p. 827–838, abr. 1990.
- CORNELISSEN, V. A.; SMART, N. A. Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. **Journal of the American Heart Association**, v. 2, n. 1, p. e004473, 23 jan. 2013.
- CRONIN, O. et al. The effect of exercise interventions on inflammatory biomarkers in healthy, physically inactive subjects: a systematic review. **QJM: An International Journal of Medicine**, 2 maio 2017.
- DADGOSTAR, H. et al. Supervised group-exercise therapy versus home-based exercise therapy: Their effects on Quality of Life and cardiovascular risk factors in women with type 2 diabetes. **Diabetes & Metabolic Syndrome**, v. 10, n. 2 Suppl 1, p. S30-36, jun. 2016.
- DE NARDI, A. T. et al. High-intensity interval training versus continuous training on physiological and metabolic variables in prediabetes and type 2 diabetes: A meta-analysis. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 137, p. 149–159, mar. 2018.
- DELEVATTI, R. S. et al. Acute glycemic outcomes along the aerobic training in deep water in patients with type 2 diabetes. p. 233–238, 2016a.
- DELEVATTI, R. S. et al. Glucose control can be similarly improved after aquatic or dry-land aerobic training in patients with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 8, p. 688–693, ago. 2016b.
- DELEVATTI, R. S. et al. Glycemic reductions following water- and land-based exercise in patients with type 2 diabetes mellitus. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, v. 24, p. 73–77, ago. 2016c.
- DELEVATTI, R. S. et al. Quality of life and sleep quality are similarly improved after aquatic or dry-land aerobic training in patients with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 21, n. 5, p. 483–488, maio 2018.
- DELEVATTI, R. S. et al. Acute and chronic glycemic effects of aerobic training in patients with type 2 diabetes. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 23, p. 1–8, 6 ago. 2019a.

- DELEVATTI, R. S. et al. The Role of Aerobic Training Variables Progression on Glycemic Control of Patients with Type 2 Diabetes: a Systematic Review with Meta-analysis. **Sports Medicine - Open**, v. 5, n. 1, dez. 2019b.
- FERREIRA, L et al. Capacidade funcional em mulheres jovens e idosas: projeções para uma adequada prescrição de exercícios físicos. **Revista da Educação Física/uem**, São Paulo, v. 19, n. 3, p.403-412, dez. 2008.
- FERREIRA, MC et al. Redução da mobilidade funcional e da capacidade cognitiva no diabetes melito tipo 2. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, Santa Catarina, v. 58, n. 9, p.946-952, dez. 2014.
- FIGUEIRA, F. R. et al. Aerobic and Combined Exercise Sessions Reduce Glucose Variability in Type 2 Diabetes: Crossover Randomized Trial. **PLoS ONE**, v. 8, n. 3, p. e57733, 11 mar. 2013.
- FONG JH. Disability incidence and functional decline among older adults with major chronic diseases. **BMC Geriatrics**. v. 19, n. 1, p. 1-9, 2019
- FRANZ MJ, BOUCHER JL, RUTTEN-RAMOS S, VANWORMER J J. Lifestyle Weight-Loss Intervention Outcomes in Overweight and Obese Adults with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**. v. 115, n. 9, p. 1447-1463, 2015.
- GREGG EW, MANGIONE CM, CAULEY JA, THOMPSON TJ, SCHWARTZ AV., ENSRUD KE, NEVITT MC. Diabetes and Incidence of Functional Disability in Older Women. **Diabetes Care**. v. 25, n.1: p.61–67, 2002.
- GROSSMAN, A.; GROSSMAN, E. Blood pressure control in type 2 diabetic patients. **Cardiovascular Diabetology**, v. 16, n. 1, p. 3, dez. 2017.
- HAYASHINO, Y. et al. Effects of exercise on C-reactive protein, inflammatory cytokine and adipokine in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 63, n. 3, p. 431–440, mar. 2014.
- HIGGINS, J. P.; GREEN, S. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions : Cochrane Book Series. p. 674, 2012.
- IMAZU, A. A. et al. The influence of physical training status on postexercise hypotension in patients with hypertension: a cross-sectional study. **Blood Pressure Monitoring**, v. 22, n. 4, p. 196–201, ago. 2017.
- INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION – IDF. **Diabetes atlas**. Bélgica. v. 8, 2019.
- JORGE, M. L. M. P. et al. 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**, v. 60, n. 9, p. 1244–1252, set. 2011.

KADOGLU, N. P. E. et al. The anti-inflammatory effects of exercise training in patients with type 2 diabetes mellitus. **European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation**, v. 14, n. 6, p. 837–843, dez. 2007.

KADOGLU, N. P. E. et al. Exercise training ameliorates the effects of rosiglitazone on traditional and novel cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes mellitus. **Metabolism**, v. 59, n. 4, p. 599–607, abr. 2010.

KAROLINE DE MORAIS, P. et al. Effects of aerobic exercise intensity on 24-h ambulatory blood pressure in individuals with type 2 diabetes and prehypertension. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 27, n. 1, p. 51–56, 2015.

KEESE, F. et al. Aerobic Exercise Intensity Influences Hypotension Following Concurrent Exercise Sessions. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 02, p. 148–153, fev. 2012.

KURBAN, S. et al. Effect of Chronic Regular Exercise on Serum Ischemia-Modified Albumin Levels and Oxidative Stress in Type 2 Diabetes Mellitus. **Endocrine Research**, v. 36, n. 3, p. 116–123, jul. 2011.

KUZIEMSKI K, SŁOMIŃSKI W, JASSEM E. Impact of diabetes mellitus on functional exercise capacity and pulmonary functions in patients with diabetes and healthy persons. **BMC Endocrine Disorders**. v. 19, n.2, p. [s.l.], 2019.

LAVIE CJ, STEWART M, OZEMEK C. Benefits of exercise training on blood pressure and beyond in cardiovascular diseases. **Eur J Prev Cardiol**, v. 27, n. 3, p. 244–6, set. 2020.

LEENDERS, M et al. Patients With Type 2 Diabetes Show a Greater Decline in Muscle Mass, Muscle Strength, and Functional Capacity With Aging. **Journal Of The American Medical Directors Association**, v. 14, n. 8, p.585-592, ago. 2013.

LI, J. et al. Duration of exercise as a key determinant of improvement in insulin sensitivity in type 2 diabetes patients. **The Tohoku Journal of Experimental Medicine**, v. 227, n. 4, p. 289–296, 2012.

LIUBAOERJIJIN, Y. et al. Effect of aerobic exercise intensity on glycemic control in type 2 diabetes: a meta-analysis of head-to-head randomized trials. **Acta Diabetologica**, v. 53, n. 5, p. 769–781, out. 2016.

MAHARAJ, S. S.; NUHU, J. M. Rebound exercise: A beneficial adjuvant for sedentary non-insulin-dependent type 2 diabetic individuals in a rural environment: Rebound Exercise for type 2 diabetes. **Australian Journal of Rural Health**, v. 24, n. 2, p. 123–129, abr. 2016.

MATSUDO, SM et al. Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. **Revista Brasileira Ciências e Movimento**. Brasília, v.8, n.4 p. 21-32, set, 2000.

MAZO, GZ; LOPES, MA; BENEDETTI, TB. **Atividade física e o idoso: Conceção Gerontológica**. Sulina, 3. ed, p 318, Florianópolis, 2009.

McGRATH R, Vicent BM, Snih SA, Markides KS, Dieter BP, Bailey RR, Peterson M. The Association Between Handgrip Strength and Diabetes on Activities of Daily Living Disability in Older Mexican Americans. **Journal of Aging and Health**. v. 30, n. 8, p. 1305-1318, 2017.

- MELO, L. C. et al. Physical Exercise on Inflammatory Markers in Type 2 Diabetes Patients: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2017, 2017.
- MOHER, D. et al. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. p. 7, 2009.
- MONTEIRO, L. Z.; FIANI, C. R. V.; FOSS, C. Decrease in Blood Pressure, Body Mass Index and Glycemia after Aerobic Training in Elderly Women with Type 2 Diabetes. p. 8, 2010.
- NOGUEIRA, M. et al. Pharmaceutical care-based interventions in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. **Einstein (São Paulo)**, v. 18, p. eRW4686, 27 jan. 2020.
- NOONE C, LEAHY J, MORRISSEY EC, NEWELL J, NEWELL M, DWYER CP, et al. Comparative efficacy of exercise and anti-hypertensive pharmacological interventions in reducing blood pressure in people with hypertension: A network meta-analysis. **Eur J Prev Cardiol**, v. 27, n. 3, p. 247–55, fev. 2020.
- NUTTAMONWARAKUL, A.; AMATYAKUL, S.; SUKSOM, D. Twelve Weeks of Aqua-Aerobic Exercise Improve Physiological Adaptations and Glycemic Control in Elderly Patients with Type 2 Diabetes. p. 7, 2012.
- PARRA-SÁNCHEZ, J. et al. Evaluación de un programa de ejercicio físico supervisado en pacientes sedentarios mayores de 65 años con diabetes mellitus tipo 2. **Atención Primaria**, v. 47, n. 9, p. 555–562, nov. 2015.
- RAHBAR, S. et al. Improvement in Biochemical Parameters in Patients with Type 2 Diabetes After Twenty-Four Sessions of Aerobic Exercise: A Randomized Controlled Trial. **Iranian Red Crescent Medical Journal**, v. 19, n. 7, 23 maio 2017.
- RIKLI, RE.; JONES, JC. Development and Validation of a Functional Fitness Test for Community-Residing Older Adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, [s.l.], v. 7, n. 2, p. 129-161, abr. 1999.
- ROSSI, R. C. et al. Impact of obesity on autonomic modulation, heart rate and blood pressure in obese young people. **Autonomic Neuroscience**, v. 193, p. 138–141, dez. 2015.
- SANTANA, H. A. P. et al. Exercise intensity modulates nitric oxide and blood pressure responses in hypertensive older women. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 25, n. 1, p. 43–48, abr. 2013.
- SANTIAGO, É. et al. Acute glycemic and pressure responses of continuous and interval aerobic exercise in patients with type 2 diabetes. **Clinical and Experimental Hypertension**, v. 40, n. 2, p. 179–185, 17 fev. 2018.
- SAÑUDO, B. et al. Influência do nível de atividade física sobre a aptidão física e qualidade de vida relacionada à saúde em idosos portadores ou não de diabetes mellitus tipo 2. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Seville, v. 19, n. 6, p.410-414, dez. 2013.

- SCHWINGSHACKL, L. et al. 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**, v. 57, n. 9, p. 1789–1797, set. 2014.
- SENITKO, A. N.; CHARKOUDIAN, N.; HALLIWILL, J. R. Influence of endurance exercise training status and gender on postexercise hypotension. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 6, p. 2368–2374, 1 jun. 2002.
- SIGAL, R. J. et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. **Annals of Internal Medicine**, v. 147, n. 6, p. 357–369, 18 set. 2007.
- SOUZA ABF, NASCIMENTO DA, RODRIGUES IJM, CHARONE CCO, LOPES GL, LIMA RS, SÁ AA, CARNEIRO TX, MORAES NS. Association between sarcopenia and diabetes in community dwelling elderly in the Amazon region – Viver Mais Project. **Archives of Gerontology and Geriatrics**. v. 83, p. 121–125, 2019.
- SRIDHAR, B. et al. Increase in the Heart Rate Variability with Deep Breathing in Diabetic Patients after 12-Month Exercise Training. **The Tohoku Journal of Experimental Medicine**, v. 220, n. 2, p. 107–113, 2010.
- TERADA, T. et al. Exploring the Variability in Acute Glycemic Responses to Exercise in Type 2 Diabetes. **Journal of Diabetes Research**, v. 2013, p. 1–6, 2013.
- TRAPÉ, ÁA et al. Associação entre condições demográficas e socioeconômicas com a prática de exercícios e aptidão física em participantes de projetos comunitários com idade acima de 50 anos em Ribeirão Preto, São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 20, n. 2, p.355-367, jun. 2017.
- UMPIERRE, D. Physical Activity Advice Only or Structured Exercise Training and Association With HbA_{1c} Levels in Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. **JAMA**, v. 305, n. 17, p. 1790, 4 maio 2011.
- UMPIERRE, D. et al. Volume of supervised exercise training impacts glycaemic control in patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-regression analysis. **Diabetologia**, v. 56, n. 2, p. 242–251, fev. 2013.
- WALLACE, B. C. et al. Closing the Gap between Methodologists and End-Users: R as a Computational Back-End. **Journal of Statistical Software**, v. 49, n. 5, 2012.
- WONG E, BACKHOLER K, GEARON E, HARDING J, FREAK-POLI R, STEVENSON C, PEETERS A. Diabetes and risk of physical disability in adults: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet Diabetes & Endocrinology**. v. 1, n. 2, p. 106–114, 2013.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and prevention of chronic diseases**. Report of WHO, study group. Technical Report Series 797, Geneva, 1990.
- YANG, Z. et al. Resistance Exercise Versus Aerobic Exercise for Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 44, n. 4, p. 487–499, abr. 2014.

YAVARI A. et al. Effect of aerobic exercise, resistance training or combined training on glycaemic control and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. **Biology of Sport**, v. 29, n. 2, p. 135–143, jan. 2012.

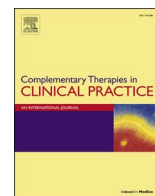
YAVARI, A.; HAJIYEV, A. M.; NAGHIZADEH, F. The effect of aerobic exercise on glycosylated hemoglobin values in type 2 diabetes patients. **THE JOURNAL OF SPORTS MEDICINE AND PHYSICAL FITNESS**, v. 50, n. 4, p. 6, 2010.

YOSHIKAWA, T. et al. Aerobic exercise training normalizes central blood pressure regulation after oral glucose loading in overweight/obese men. **Clinical and Experimental Hypertension**, v. 41, n. 1, p. 28–35, 2 jan. 2019.

ZENI AI, HOFFMAN MD, CLIFFORS PS. Energy expenditure with indoor exercise machines. **JAMA**, v. 275, n. 18, p.1424–7, maio 1996.

ANEXOS

ANEXO A – Artigo publicado na revista *Complementary Therapies in Clinical Practice*.



Similar functional capacity and handgrip strength of trained elderly women with and without type 2 diabetes mellitus: A cross-sectional study

Isabel Heberle^{*}, Débora Cristina Tonelli, Tânia Bertoldo Benedetti, Rodrigo Sudatti Delevatti

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Educação Física, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:

Aging
Diabetes
Functionality
Physical activity

ABSTRACT

Background: This study compares the functional capacity and handgrip strength of older women with and without type 2 diabetes (T2D) who practiced physical exercises.

Methods: Twenty-six older women who practiced physical exercises participated in the study (13 with T2D - DM; 13 without T2D - CON). Functional capacity and handgrip strength were assessed.

Results: The groups were similar in age. Regarding functional capacity, there were no significant differences between the groups in any of the tests performed ($p > 0.05$): chair stand (rep); arm curl (rep); chair sit and reach (cm); 8-foot up-and-go (sec); back scratch (cm) and 6-min walk (m). There was also no difference in handgrip strength (kg) between groups ($p > 0.05$).

Conclusion: The functional capacity and handgrip strength of older women with T2D who practice exercise seems similar to that of older women without the disease who practice regular exercise.

1. Introduction

The rapid aging growth worldwide has resulted in social and economic changes, which can increase susceptibility to developing diseases, especially chronic non-communicable diseases (NCDs) [1]. The common NCDs in the elderly can cause a functional [2] and mental [3] decline, hindering the abilities to perform physical tasks. These changes in physiological, physical, and behavioral functions can be further affected by a sedentary lifestyle [1].

NCDs are among the leading causes of morbidity, disability, and mortality in the elderly. One of the main NCDs that affect the elderly is type 2 diabetes mellitus (T2D) [4]. Even with increasingly early diagnoses of T2D in children, adolescents, and young adults, the disease still has a high prevalence in the elderly [5]. The exposure of the elderly population to the combination of physiological losses characteristic of aging with the losses and complications characteristic of T2D significantly impacts functional capacity and handgrip strength, making the elderly more dependent and reducing their life expectancy [6–10].

In contrast to the reduced physical capacity of older adults with diabetes, there is the regular practice of physical exercises. This practice provides several positive impacts on health, such as cardiometabolic improvements, mental health, and physical capacities. Specifically, in

older adults, it is worth highlighting the benefits of preventing or delaying sarcopenia and dynapenia, which directly affects functional capacity and handgrip strength [2,6,8,11,12]. This fact can delay functional impairments aggravated by aging triad, physical inactivity, and diabetes.

Functional capacity supports maintaining the health and quality of life of older adults, and handgrip strength is associated with mortality and cardiovascular diseases [13]. Therefore, it is vital to promote healthy and active aging with the frequent practice of physical exercises, which aims to maintain functional capacity and handgrip strength, promoting better health [14]. There is strong evidence of the beneficial effects of regular physical exercise on various health-related outcomes in people with diabetes [15–17]. However, it is unknown whether active older adults with T2D can preserve their functional capacity and handgrip strength in the same magnitude as non-diabetic individuals. Thus, this study aims to verify the impact of T2D on the functional capacity and handgrip strength of older women who participated in a physical exercise program.

^{*} Corresponding author.

E-mail addresses: isabelheberle@hotmail.com (I. Heberle), deboratonelli90@gmail.com (D.C. Tonelli), tania.benedetti@ufsc.br (T.B. Benedetti), rsdrodrigo@hotmail.com (R.S. Delevatti).

<https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2021.101318>

Received 21 October 2020; Received in revised form 8 January 2021; Accepted 21 January 2021

Available online 29 January 2021

1744-3881/© 2021 Elsevier Ltd. All rights reserved.

2. Materials and methods

2.1. Study design

This study is characterized as cross-sectional and comparative. Data on older women who participated in a physical exercise program were analyzed. The sample was divided into a group with T2D (DM) and another without T2D (CON).

2.2. Participants

Older women from the "Atividades Físicas para a Terceira Idade" project promoted by the Federal University of Santa Catarina (UFSC) participated in this study. All participants practiced physical exercises for more than six months and agreed to share their data.

Initially, all elderly women with DM2 participants of the extension project were selected, being created the group of participants with DM2 (n = 13). Then, this group was paired by the same number of elderly women, participants of the same project and from age group, differing only by absence of DM2 (control group, n = 13). Thus, of the 178 elderly people who participate in the physical exercise project, 26 elderly women participated in this study. The study excluded older women who had some osteomioarticular impairment that could compromise functional tests' performance and those older than 85.

The present study used the data from the project that applied Rikli and Jones [18] battery of tests, and handgrip strength. All participants signed an Informed Consent Form. This study agrees with the Declaration of Helsinki and is approved by the Ethics Committee on Research with Human Beings (n° 3,232,574).

2.3. Experimental procedures

The data used are from the older adults who participated in an outreach project for the elderly at UFSC. Gymnastics sessions took place twice a week for 50 min. Muscle-strengthening exercises were performed, prioritizing the lower limbs. The sessions consisted of general warm-up (5–10 min), followed by calisthenic muscle strengthening exercises or using free weights (35–40 min) and stretching/final relaxation (5–10 min).

The tests used in the project's data collection are part of the battery of tests by Rikli and Jones [18]. They are applied twice a year, once at the beginning and once at the end of the school year (March–December). The purpose of applying the battery of tests is to evaluate and monitor the effectiveness of training the older adults in gymnastics sessions. The battery consists of six tests, which assess physical abilities: agility/dynamic balance (8-foot up-and-go, the strength of the lower and upper limbs (arm curl and chair stand, respectively), the flexibility of the upper and lower limbs (back scratch and chair sit and reach, respectively) and aerobic resistance (6-min walk). The General Physical Fitness Index (GPMI) was calculated by adding the average classifications of each functional test.

In addition to the battery of tests by Rikli and Jones [18], handgrip strength was measured using a handheld dynamometer. Three measurements were taken on each arm, and the one with the highest value was used.

To characterize the sample, data related to age, presence of T2D, duration of the disease, antidiabetic drugs used and anthropometric data, also routinely carried out in the project, were used. Anthropometric data used were body weight, height and waist circumference, being calculated body mass index (BMI) and the waist/height ratio. All tests were performed on the same day, in December (2018).

2.4. Statistical analysis

For sample characterization, values of mean and standard deviation were used. We employed the Shapiro-Wilk test to verify the normality of

the data. The independent student t-test was used to compare the outcomes between the groups (DM and CON), adopting a significance level of 5%. The analyses were conducted with the assistance of the statistical package SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), version 20.0. Still, the time of regular exercise for all participants in the program was 13, 93 ± 7.56 years.

3. Results

Table 1 shows the characterization data of older women with varying ages, duration of T2D, anthropometric variables, and the medication used by the DM group. In this analysis, differences were found for waist circumference, body mass index (BMI), and waist-to-height ratio (WHR).

The results regarding the variables of functional capacity and handgrip strength are shown in Table 2. One of the participants in the DM had labyrinthitis on the day of the tests, which made it impossible to perform the aerobic endurance test (6-min walk); therefore, for this variable, it was n = 12. No significant differences were found between the groups.

From the results found in the tests performed, we classified the participants based on the functional fitness level of each test (Table 3). Most diabetic and non-diabetic participants were rated as "very good" or "good" in functional tests. As for the GPMI, DM participants had a classification very similar to CON participants.

4. Discussion

This study compared the functional capacity and handgrip strength of older women with and without T2D who practiced the same physical exercise routine. The results showed that both the functional capacity and the handgrip strength of older women with or without T2D did not present any difference.

Age, height, and body mass did not differ between groups. However, there was a trend towards greater body mass in individuals with T2D. The increase in body mass in the elderly population is a signal for NCDs and mortality; therefore, it needs to be controlled [19]. In contrast, in the results of anthropometric variables - waist circumference, BMI, and WHR, which represent the accumulation of body fat, significant statistical differences were found between the groups, with the highest values for older women with T2D. This fact was already expected and observed in the literature, as they are conditions associated with the disease [20]. However, they must be minimized with an adequate lifestyle. In this sense, the BMI of the older women of the CON group is classified as overweight, while that of the older women of the DM group as obesity grade I [21], demonstrating that despite the regular practice of exercise

Table 1

Sample characterization. Florianópolis, December, 2018.

| | DM (n = 13) | CON (n = 13) | p-value |
|---------------------------|---------------|---------------|---------|
| Age (years) | 71.62 ± 4.41 | 71.92 ± 5.85 | 0.881 |
| Body mass (kg) | 70.31 ± 9.31 | 62.89 ± 11.70 | 0.086 |
| Height (m) | 1.53 ± 0.05 | 1.53 ± 0.07 | 0.976 |
| Waist circumference (cm) | 93.54 ± 6.61 | 85.23 ± 10.56 | 0.024 |
| BMI (kg/m ²) | 31.08 ± 4.26 | 26.86 ± 3.73 | 0.013 |
| WHR | 0.61 ± 0.42 | 0.55 ± 0.60 | 0.012 |
| Duration of T2D (years) | 11.92 ± 10.77 | – | |
| Drug Treatment | | | |
| Biguanides | 7 | – | |
| Sulphonylurea | 3 | – | |
| Dapagliflozin + Metformin | 2 | – | |
| DPP-4 inhibitors | 3 | – | |
| Insulin | 1 | – | |

CON: control group without type 2 Diabetes Mellitus; DM: group with type 2 Diabetes Mellitus; BMI: body mass index; WHR: waist/height ratio; DPP-4: protein Dipeptidil Peptidase-4; SD: standard deviation. Data are presented as mean ± SD; p = 0.05.

Table 2

Functional capacity and handgrip strength for DM and CON groups. Florianópolis, December, 2018.

| Tests | DM(n=13) | CON (n=13) | p-value |
|-------------------------------|----------------|----------------|---------|
| Chair stand (rep) | 18.85 ± 4.60 | 19.39 ± 5.19 | 0.782 |
| Arm curl (rep) | 22.54 ± 4.37 | 22.62 ± 3.50 | 0.961 |
| Chair sit and reach (cm) | 4.46 ± 6.53 | 7.85 ± 11.79 | 0.377 |
| Back scratch(cm) | -7.42 ± 7.38 | -2.27 ± 7.01 | 0.080 |
| 8-foot-up-and-go(seg) | 5.70 ± 0.54 | 5.63 ± 0.67 | 0.785 |
| 6-min walk(m) (DM n = 12) | 532.70 ± 49.31 | 545.83 ± 77.22 | 0.614 |
| Handgrip strength(right) (kg) | 24.92 ± 4.52 | 27.15 ± 5.56 | 0.273 |
| Handgrip strength(left) (kg) | 26.07 ± 3.94 | 26.15 ± 6.25 | 0.970 |

CON: control group without type 2 Diabetes Mellitus; DM: group with type 2 Diabetes MellitusSD: standard deviation.

Data are presented as mean ± SD; p = 0.05.

Table 3

Functional classification of participants. Florianópolis, December, 2018.

| Tests | DM/CON | | | | |
|---------------------|-----------|-----|---------|------|-----------|
| | Too bad | Bad | Regular | Good | Very good |
| Chair stand | 1/- | 1/1 | 1/2 | 2/3 | 8/7 |
| Arm curl | 1/- | -/1 | -/- | 2/2 | 10/10 |
| Chair sit and reach | 1/2 | 5/3 | -/- | 1/2 | 6/6 |
| Back scratch | -/- | -/3 | 5/2 | 7/3 | 1/5 |
| 8-foot-up-and-go | 2/- | 4/3 | 4/4 | 3/1 | -/5 |
| 6-min walk | 3/3 | 3/- | 3/4 | 3/4 | 1/1 |
| GPFI | 67.5/72.5 | | | | |

CON: control group without type 2 Diabetes Mellitus; DM: group with type 2 Diabetes Mellitus GPFI: General physical fitness index.

in both groups, the nutritional status is substantially different. In the WHR, even though the DM group has higher values than the CON group, it is worth mentioning that both groups are above the desirable [21]. An expanded view of the results showed that other interventions or changes in habits should be performed to reduce anthropometric variables and cardiometabolic risks of older women with T2D.

The vascular complications of T2D and the aging process affect the physical capacity of their patients [6,22], causing damage to their quality of life. A study that assessed physical capacity using the 6-min walk test showed a difference between the distance covered by people with diabetes compared to people without the disease [22]. However, in our study, we found no significant differences in the functional capacity of older women with and without T2D who practice physical activity. Such results demonstrate that regular long-term physical exercise, even twice a week, may match and maintain older women's functional capacity with and without T2D at desirable levels.

Type 2 diabetes can be seen as a condition that accelerates the aging process, being a risk factor for physical disability and impairment in simple and complex activities. In addition, it leads to a greater risk for falls and, consequently fractures [23], which can lead to dependency and life expectancy reduction [6]. In a systematic review, T2D increased the risk of disability to perform basic and instrumental activities for daily living [24]. Thus, interventions that promote physical exercise for the elderly, especially those with T2D, become essential.

The combination of muscle weakness and T2D is strongly associated with the disability to perform activities for daily living [10]. However, in our study, there were no significant differences in the handgrip strength of active older women with and without T2D, demonstrating that, even at low weekly volumes, regular physical exercise contributes to maintaining the neuromuscular health of older women.

Clinically, it is important to realize that regular exercise (gymnastics) twice a week seems to preserve the functional capacity and handgrip strength of older women with T2D, keeping them in similar conditions to the older women without diabetes. Even though anthropometric variables are worse in older women with T2D, having independence in practicing activities enhances daily living and quality of life. These

factors are very much associated with a functional capacity [15], and even an isolated practice of exercises with low weekly frequency already seems to preserve it.

This study has a sample size limitation due to the low number of elderly diabetics participating in the physical exercise program (150 elderly, only 13 with T2D). On the other hand, the strengths are given in evaluations in a "real environment" without laboratory methods of training load control or sophisticated evaluations. Furthermore, the low weekly frequency (twice a week) of the reported program was sufficient to keep the older adults with similar functional fitness in the long term, which is common in exercise programs for them.

5. Conclusion

Even with different anthropometric characteristics, older women with and without T2D who practice physical exercises show similar functional capacity and handgrip strength. This significant result was found in the gymnastics modality, which emphasizes on exercises to strengthen the lower limbs, with a frequency of two weekly sessions. This strategy is simple and has a low cost for maintaining or improving functional capacity and handgrip strength in older adults, regardless of the need for more studies to consolidate these findings.

Funding sources

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Author contributions

Isabel Heberle: Visualization, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing.

Débora Cristina Tonelli: Investigation, Writing - Original Draft.

Tânia Bertoldo Benedetti: Resources, Supervision.

Rodrigo Sudatti Delevatti: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Supervision, Project Administration, Writing - Review & Editing.

Declaration of competing interest

None.

Acknowledgements

We are grateful to the Atividades Físicas para Terceira Idade outreach project and the project participants for providing the data for this study.

References

- [1] Á.A. Trapé, R.F.R. Marques, E.A.S. Lizzi, F.E. Yoshimura, L.J. Franco, A.S. Zago, Associação entre condições demográficas e socioeconômicas com a prática de exercícios e aptidão física em participantes de projetos comunitários com idade acima de 50 anos em Ribeirão Preto, São Paulo, Rev. Bras. Epidemiol 20 (2) (2017) 355–367.
- [2] L. Ferreira, T.D. Barbosa, S. Gobbi, L.M. Arantes, Capacidade funcional em mulheres jovens e idosas: projeções para uma adequada prescrição de exercícios físicos, Revista da Educação Física/uem 19 (3) (2008) 403–412.
- [3] LopesMA, MazoGZ, BenedettiTB, Atividade física e o idoso: Concepção Gerontológica. Terceira edição, Sulina, Florianópolis, 2009.
- [4] ADA, American Diabetes Association, Standards of Medical Care in Diabetes—2020, 2020.
- [5] International Diabetes Federation – IDF, Diabetes atlas, Bélgica. v. 8 (2019).
- [6] M.C. Ferreira, J. Tozzati, S.M. Fachin, P.P. Oliveira, R.F. Santos, M.E.R. Silva, Redução da mobilidade funcional e da capacidade cognitiva no diabetes melito tipo 2, ArquivosBrasileiros de Endocrinologia& Metabologia 58 (9) (2014).
- [7] E.W. Gregg, C.M. Mangione, J.A. Cauley, T.J. Thompson, A.V. Schwartz, K. E. Ensrud, NevittMC, Diabetes and incidence of functional disability in older women, Diabetes Care 25 (1) (2002) 61–67, <https://doi.org/10.2337/diacare.25.1.61>.

- [8] M. Leenders, L.B. Verdijk, L. van der Hoeven, J.J. Adam, J. van Kranenburg, R. Nilwik, L.J.C. van Loon, Patients with type 2 diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging, *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 14 (8) (2013) 585–592, <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.02.006>.
- [9] J.H. Fong, Disability incidence and functional decline among older adults with major chronic diseases, *BMC Geriatr.* 19 (1) (2019) 1–9, <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1348-z>.
- [10] R. McGrath, B.M. Vicent, S.A. Snih, K.S. Markides, B.P. Dieter, R.R. Bailey, M. Peterson, The association between handgrip strength and diabetes on activities of daily living disability in older Mexican Americans, *J. Aging Health* 30 (8) (2017) 1305–1318, <https://doi.org/10.1177/0898264317715544>.
- [11] B. Sañudo, R.M. Afonso-Rosa, J. Pozo-Cruz, R. Pozo-Cruz, B. Pozo-Cruz, Influência do nível de atividade física sobre a aptidão física e qualidade de vida relacionada à saúde em idosos portadores ou não de diabetes mellitus tipo 2, *Rev. Bras. Med. do Esporte* 19 (6) (2013), <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000600006>.
- [12] A.B.F. Souza, D.A. Nascimento, I.J.M. Rodrigues, C.C.O. Charone, G.L. Lopes, R. S. Lima, A.A. Sá, T.X. Carneiro, N.S. Moraes, Association between sarcopenia and diabetes in community dwelling elderly in the Amazon region – ViverMais Project, *Arch. Gerontol. Geriatr.* 83 (2019) 121–125, <https://doi.org/10.1016/j.archger.2019.03.020>.
- [13] C.A. Celis-Morais, F. Petermann, L. Hui, D.M. Lyall, S. Iliodromiti, J. McLaren, J. Anderson, P. Welsh, D. Mackay, J.P. Pell, N. Sattar, J.M.R. Gill, S. Gray, Associations between diabetes and both cardiovascular disease and all-cause mortality are modified by grip strength: evidence from UK biobank, a prospective population-based cohort study, *Diabetes Care* 40 (12) (2017) 1710–1718, <https://doi.org/10.2337/dc17-0921>, 2017 dez.
- [14] A.C.V. Campos, M.H.M. Almeida, G.V. Campos, BogutchiTF, Prevalence of functional incapacity by gender in elderly people in Brazil: a systematic review with meta-analysis, *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia* 19 (3) (2016), <https://doi.org/10.1590/1809-98232016019.150086>.
- [15] R.S. Delevatti, C.D.F. Pinho, A.C. Kanitz, C.L. Alberton, E.C. Marson, L. P. Bregagnol, S.C. Lisboa, B.D. Schaan, L.F.M. Kruehl, Glycemic reductions following water- and land-based exercise in patients with type 2 diabetes mellitus, *Compl. Ther. Clin. Pract.* 24 (2016) 73–77, <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2016.05.008>.
- [16] O. Cronin, D.M. Keohane, M.G. Molloy, F. Shanahan, The effect of exercise interventions on inflammatory biomarkers in healthy, physically inactive subjects: a systematic review, *QJM: Int. J. Med.* 110 (10) (2017) 629–637, <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcx091>.
- [17] D. Umpierre, P.A. Ribeiro, C.K. Kramer, C. Leitão, A.T. Zucatti, M.J. Azevedo, J. L. Gross, J.P. Ribeiro, B.D. Schan, Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA 1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis, *J. Am. Med. Assoc.* 305 (17) (2011) 1790–1799, <https://doi.org/10.1001/jama.2011.576>.
- [18] R.E. Rikli, J.C. Jones, Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults, *J. Aging Phys. Activ* 7 (2) (1999).
- [19] S.M. Matsudo, V.K.R. Matsudo, T.L.B. Neto, Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física, *Rev. Bras. Ciência Mov.* 8 (4) (2000) 21–32, <https://doi.org/10.18511/rbcm.v8i4.372>.
- [20] M.J. Franz, J.L. Boucher, S. Rutten-Ramos, J.J. VanWormer, Lifestyle weight-loss intervention outcomes in overweight and obese adults with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials, *J. Acad. Nutr. Diet.* 115 (9) (2015) 1447–1463, <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.02.031>.
- [21] World Health Organization, Diet, Nutrition and Prevention of Chronic Diseases, 1990. Report of WHO, study group. Technical Report Series 797, Geneva.
- [22] K. Kuziemski, W. Słomiński, E. Jassem, Impact of diabetes mellitus on functional exercise capacity and pulmonary functions in patients with diabetes and healthy persons, *BMC Endocr. Disord.* 19 (2) (2019), <https://doi.org/10.1186/s12902-018-0328-1>.
- [23] M. Azmon, N. Gayus, H. Michal, L. Olmer, T. Cukierman-Yaffe, The association between glucose control and functional indices in older people with diabetes, *Int. J. Endocrinol.* (2018) 1–7, <https://doi.org/10.1155/2018/1053815>.
- [24] E. Wong, K. Backholer, E. Gearon, J. Harding, R. Freak-Poli, C. Stevenson, A. Peeters, Diabetes and risk of physical disability in adults: a systematic review and meta-analysis, *Lancet Diabetes Endocrinol.* 1 (2) (2013) 106–114, [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(13\)70046-9](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(13)70046-9).

ANEXO B – Artigo publicado na revista Diabetes Research and Clinical Practic.



Contents available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Diabetes Research
and Clinical Practice

journal homepage: www.elsevier.com/locate/diabres



International
Diabetes
Federation



Review

Effects of aerobic training with and without progression on blood pressure in patients with type 2 diabetes: A systematic review with meta-analyses and meta-regressions



Isabel Heberle^{a,*}, Guilherme Tadeu de Barcelos^a, Leonardo Mendonça Pilar Silveira^b,
Rochelle Rocha Costa^c, Aline Mendes Gerage^a, Rodrigo Sudatti Delevatti^a

^a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Educação Física, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

^b Faculdade Metodista Centenário (FAMES), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

^c Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Departamento de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 July 2020

Received in revised form

19 November 2020

Accepted 23 November 2020

Available online 08 December 2020

Keywords:

Aerobic exercise

Blood pressure

Diabetes mellitus

ABSTRACT

Aims: To analyze the effects of aerobic training with and without progression on blood pressure in patients with type 2 diabetes.

Methods: The databases used for the systematic search were PubMed, Cochrane Central, SPORTDiscus and LILACS. Studies which analyzed blood pressure before and after an intervention period of eight or more weeks of aerobic training compared to a control group without training in patients with type 2 diabetes were included.

Results: Of the 4186 studies found, 17 clinical trials were included (912 participants). Systolic blood pressure (SBP) decreased after aerobic training with progression (−6.78 mmHg; 95% CI −8.36, −5.19; $p < 0.001$) and without progression (−8.07 mmHg; 95% CI −9.37, −6.77; $p < 0.001$). The same happened regarding diastolic blood pressure (DBP), which decreased with aerobic training with progression (−3.10 mmHg; 95% CI −4.90, −1.31; $p < 0.001$) and without progression (−5.71 mmHg; 95% CI −7.15, −4.28; $p < 0.001$).

Conclusion: Aerobic training is effective in reducing blood pressure in patients with type 2 diabetes, regardless of progression in training variables.

© 2020 Elsevier B.V. All rights reserved.

Contents

| | |
|---------------------------|---|
| 1. Introduction | 2 |
| 2. Methods | 3 |

* Corresponding author.

E-mail address: isabelheberle@hotmail.com (I. Heberle).

<https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108581>

0168-8227/© 2020 Elsevier B.V. All rights reserved.

| | | |
|---------|--|----|
| 2.1. | Search for articles | 3 |
| 2.2. | Eligibility criteria | 3 |
| 2.3. | Selection of studies | 3 |
| 2.4. | Data extraction | 3 |
| 2.5. | Risk of bias | 3 |
| 2.6. | Data analysis | 3 |
| 3. | Results | 4 |
| 3.1. | Selection of studies | 4 |
| 3.2. | Characteristics of the studies | 4 |
| 3.3. | Characteristics of interventions | 4 |
| 3.4. | Analysis of the risk of bias | 4 |
| 3.5. | Effect of interventions | 6 |
| 3.5.1. | Effects of aerobic training (overview) | 6 |
| 3.5.2. | Effects of continuous aerobic training | 6 |
| 3.5.3. | Effects of aerobic training on SBP (PAT and NPAT) | 6 |
| 3.5.4. | Effects of aerobic training on DBP (PAT and NPAT) | 6 |
| 3.5.5. | Effects of different progressions on SBP | 7 |
| 3.5.6. | Effects of different progressions on DBP | 7 |
| 3.5.7. | Effects of aerobic training according to the level of trainability | 8 |
| 3.5.8. | Effects of aerobic training on subjects with and without comorbidities | 8 |
| 3.5.9. | Effects of aerobic training according to aerobic training modalities | 8 |
| 3.5.10. | Meta-regression analyses | 8 |
| 4. | Discussion | 8 |
| 5. | Conclusion | 10 |
| | CRedit authorship contribution statement | 10 |
| | Declaration of Competing Interest | 10 |
| | Acknowledgements | 10 |
| | Funding | 10 |
| | Ethics approval | 10 |
| | Availability of data and material | 10 |
| | Appendix A. Supplementary material | 10 |
| | References | 10 |

1. Introduction

Along with healthy nutrition and antidiabetic medication, exercise is one of the cornerstones of DM2 treatment [1]. In this scenario, aerobic training stands out. This training modality is effective in improving glycated hemoglobin (HbA1c) [2], the main therapeutic target to be improved, and other important outcomes, such as systemic inflammation [3], cardiorespiratory fitness [4], quality of life [5] and blood pressure (BP) [6].

Considering the already established effectiveness of aerobic training in the treatment of the disease [7], some studies seek to identify whether the manipulation of different training variables can maximize their benefits, investigating, for example, the interval method [8], different intensities [9,10], durations [11,12], weekly frequencies [13] and training environments (water versus land) [5,14,15]. Additionally, a recent systematic review has shown that interventions with aerobic exercises with progression of training variables promotes more expressive decrease in HbA1c when compared to exercise programs without progression [16]. Even though the current recommendations guide progression in training variables, such as intensity, duration and/or weekly frequency [1,7], it is not clear its effects on important variables such as BP. Possibly, the adjustment or increment of training

load by progression impact in physiological outcomes, as BP, however how such progression must be made and whether there is room for improvement associated with changes in training is still uncertain, since there is a lack of randomized clinical trials and consequently systematic reviews with meta-analysis that investigate the effects of progression in aerobic training on important outcomes in the control of DM2.

Among the important outcomes to be investigated for DM2 control is BP, as hypertension is strongly related to DM2 and its coexistence considerably increases the risk of coronary artery disease, congestive heart failure, left ventricular hypertrophy and stroke when compared to isolated hypertension or DM2 [17]. Therefore, it is important to evaluate and control the BP of patients with DM2, avoiding possible complications.

Thus, investigating the effects of aerobic exercise programs with and without progression of training variables and further analyzing the different forms of progression on outcomes related to DM2 control, specifically on BP, becomes important, as it will elucidate doubts about the exercise prescription for this population. Therefore, the objective of this study was to conduct a systematic review with meta-analysis and meta-regression of clinical studies analyzing the effects of aerobic training with and without progression (PAT and NPAT) in the BP of patients with DM2.

2. Methods

The present study is characterized as a systematic review with meta-analysis and meta-regression of randomized clinical trials. The study was registered on the PROSPERO platform (CRD42018091905) and was written in accordance with the current recommendations of PRISMA [18].

2.1. Search for articles

To search for articles, the PubMed, Cochrane Central, SPORTDiscus and LILACS databases were used. The searches were carried out in June 2018 and there were no restrictions on language and year of publication. The terms “Diabetes Mellitus, type 2,” “Exercise” and “Randomized clinical trial” were used together. The Boolean operators “OR” and “AND” were used to search the databases and the search was performed using the terms MeSH with their respective synonyms. The search strategy used in the PubMed database is shown in [Supplementary file 1](#).

2.2. Eligibility criteria

Clinical trials published in English, Spanish and Portuguese were considered eligible, which included adults (≥ 18 years old) of both sexes with DM2 regardless of having other comorbidities and who participated in an intervention with supervised aerobic training for at least eight weeks. These clinical trials had to contain comparisons between at least one aerobic training group and a control group not performing any exercise intervention. To be eligible, studies had to provide pre and post intervention values for systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) or the difference between pre and post intervention means and their respective dispersion values. Only clinical blood pressure values were considered, being assessed with individuals at rest using the auscultatory method or with automatic devices. All studies in which aerobic training was combined with another type of physical exercise were excluded.

2.3. Selection of studies

The first phase of article selection was carried out by reading the title and abstract according to the eligibility criteria previously established. This was carried out by two researchers (IH and GB) independently, and subsequently compared to define the studies to be fully read during the second phase of the selection. This step consisted of reading the texts and selecting the studies according to the eligibility criteria previously established, also independently reviewed (IH and GB). The studies selected by the researchers at this phase were compared to observe possible differences in selection and in case of disagreement, a third researcher (R.S.D) was consulted to reach a consensus.

2.4. Data extraction

Data extraction was carried out independently by the same researchers who carried out the selection of articles, using a standardized form. The extracted data were previously

defined and categorized according to the characterization of the sample, the intervention and the study outcomes.

For the sample characterization information, the following data were considered: mean age, disease duration, training status, comorbidities, nutritional co-intervention, adverse events, adherence and drop-outs. For information related to the intervention, the following data were considered: intervention time, modality, method, session duration, weekly frequency, weekly duration and intensity. In relation to the session duration, weekly frequency and intensity data, studies that somehow reported changes in these variables during the intervention were classified as PAT; the variable in which progression was performed and the number of progressions performed during the intervention were considered. Studies that did not promote changes in these variables or did not report this clearly were classified as NPAT.

With regard to information related to the outcomes of the studies, the following were considered: values of SBP and DBP, with mean and dispersion measures. The extracted information was divided according to the intervention and control groups.

2.5. Risk of bias

The methodological quality of the studies was independently assessed by two researchers. In case of disagreement, a third researcher was consulted to reach a consensus. For this evaluation, the following criteria were considered: generation of an adequate sequence in the randomization of participants, allocation concealment, blinding of the evaluators, description of sample losses and carrying out the analysis by intention to treat.

The risk of bias was assessed according to the Cochrane manual [19] and classified as: high risk, when the evaluated criteria were not reported or were not applied in the studies; low risk, when the evaluated criteria were applied and performed properly; not clear, when the criteria were reported inappropriately.

2.6. Data analysis

The pooled effect estimates were computed from the change scores between the baseline and the end of intervention, their standard deviations and the number of participants. Studies using other dispersion measures, such as standard error, had their values converted for standard deviation. Results are presented as mean differences and calculations were performed using random effects models. Statistical heterogeneity of treatment effects among studies was evaluated by Cochran's Q test and the I² inconsistency test. It was considered that values $>50\%$ indicated high heterogeneity [19].

Subgroup analyses were conducted for training progression (no progression, any type of progression, intensity progression, duration progression, and duration and intensity progression), training status of participants, presence of comorbidities, and aerobic training modality. Meta-regression analyses were performed to investigate potential confounders: mean age (years), body mass index (BMI) (kg/m²), follow up duration (weeks), weekly frequency (number of sessions per week), weekly duration (min), baseline SBP,

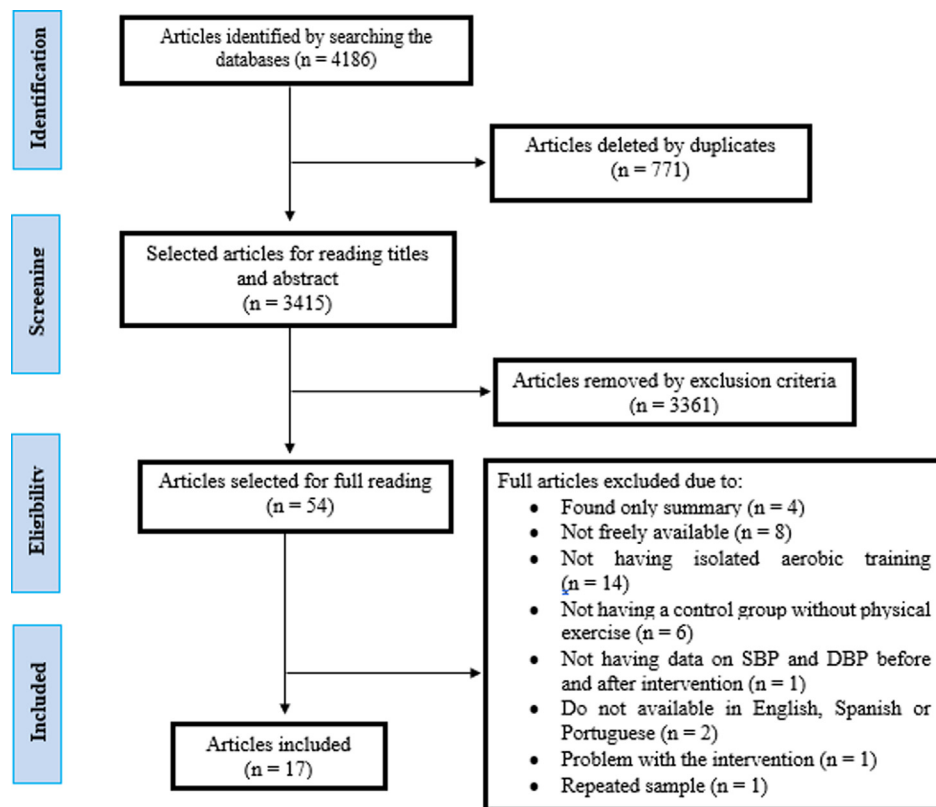


Fig. 1 – Flowchart with the different phases of the systematic review.

baseline DBP and number of users of BP-lowering medications. For training status, was considered untrained subjects those in which the studies reported to be sedentary, inactive lifestyle, untrained or inactive.

Forest plots were generated to present the pooled effect and the standardized mean differences with 95% confidence intervals (CIs). Statistical significance was set at a p value <0.05 . All analyses were performed using OpenMeta Analyst Software, version 10.10 [20].

3. Results

3.1. Selection of studies

The general search resulted in 4186 studies. After excluding duplicate studies, 3415 articles remained. Of these, 3361 were excluded after reading titles and abstracts for not meeting the eligibility criteria. Thus, 54 articles were selected for full reading. Finally, 17 articles [8,21–36] met all inclusion criteria and were included in the quantitative analysis. Of the 17 articles included, nine had progression of one or more training variables [8,21,23,25,28,32,33,35,36], while the other eight articles did not involve progression [22,24,26,27,29–31,34] (Fig. 1).

3.2. Characteristics of the studies

In total, the studies included 884 participants, of which 448 made up the training groups and 436 participated in the control groups. Most studies (66.7%) analyzed participants of both sexes, two studies (11.1%) analyzed only female participants

and four studies (22.2%) did not report the gender of the participants. Most studies (66.7%) included previously untrained participants and 22.2% of the studies did not report the participants' training status clearly (Table 1).

3.3. Characteristics of interventions

The intervention period varied between 8 and 52 weeks, with the majority of studies (82.3%) investigating programs of 12 weeks or more. Among the nine studies characterized as PAT (53%), three reported progression only in the duration variable (33.3%), two reported progression only in the intensity variable (22.2%), four reported progression in duration and intensity (44.4%) and no study reported progression in weekly frequency. Only two studies used interval method. Most studies used ergometers (treadmill, cycle ergometer and elliptical trainer) for training (77.7%). As for aerobic training without progression, eight studies were included (47%), with the continuous method applied in all studies. Half of the studies used walking outdoors as a training modality (Supplementary Table 2).

3.4. Analysis of the risk of bias

Regarding the methodological quality of the studies, it was observed that only four studies (23.5%) carried out the randomization of the participants, while most of the studies reported the process inappropriately. The allocation concealment was reported in four studies (23.5%), blinding of the evaluators was applied in four studies (23.5%), the description

Table 1 – Characteristics of the included studies.

| Study | N | Mean age ± SD (years) | SBP (mean ± SD) | DBP (mean ± SD) | Training status | Comorbidities | Nutritional co-intervention | Adverse events | Adherence (%)/ Drop-outs (n) |
|---|----------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--|--|-----------------------------|--|------------------------------|
| Progressive aerobic training Abdelaal e Mohamad [21] | I: 20 C: 19 | 52.5 ± 3.38 | I: 145.3 ± 2.2 C: 145.0 ± 2.9 | I: 93.7 ± 1.3 C: 94.0 ± 1.6 | Sedentary | Obesity/hypertension | Not | NR | NR/0 |
| Alvarez et al. [8] | I: 13 C: 10 | 44.3 ± 2.3 | I: 132.0 ± 3.6 C: 130.0 ± 3.2 | I: 77.0 ± 3.6 C: 78.0 ± 3.2 | Sedentary, minimally active, untrained | Overweight/obesity | Not | Not | 89/1 |
| Brassard et al. [23] | I: 11 C: 12 | 57.5 ± 5.5 | I: 132.0 ± 13.0 C: 142.0 ± 17.0 | I: 76.0 ± 10.0 C: 75.0 ± 11.0 | Sedentary | Left ventricular diastolic dysfunction | Not | NR | NR/NR |
| Kadoglou et al. [25] | I: 29 C: 27 | 61.57 ± 5.89 | I: 137.7 ± 15.7 C: 144.8 ± 16.9 | I: 83.3 ± 8.9 C: 81.0 ± 8.2 | Inactive | Overweight/obesity | Not | Not | 92 ± 4/1 |
| Maharaj e Nuhu [28] | I: 45 C: 45 | 39.44 ± 8.61 | I: 125.4 ± 6.8 C: 120.0 ± 7.5 | I: 75.4 ± 13.7 C: 75.5 ± 10.6 | Sedentary | NR | Yes | Cramp in the right gastrocnemius (n = 1) NR | NR/NR |
| Rahbar et al. [32] | I: 13 C: 15 | 48.45 ± 4.91 | I: 119.2 ± 8.6 C: 120.0 ± 7.8 | I: 78.5 ± 5.6 C: 78.2 ± 5.6 | Inactive lifestyle | NR | Not | NR | NR/2 |
| Sigal et al. [33] | I: 60 C: 63 | 54.35 ± 6.9 | I: 134.0 ± 22.0 C: 133.0 ± 20.0 | I: 82.0 ± 14.0 C: 80.0 ± 12.0 | Inactive | NR | Yes | Serious (n = 4), hospitalization (n = 2), musculoskeletal event (n = 18) mild hypoglycemia (n = 4) Repeated hypoglycemic events (n = 2) | 80/12 |
| Yavari et al. [35] | I: 30 C: 30 | 49.81 ± 6.47 | I: 134.1 ± 17.1 C: 129.9 ± 15.2 | I: 81.0 ± 9.9 C: 81.7 ± 8.9 | Inactive lifestyle | NR | Not | Repeated hypoglycemic events (n = 2) | NR/NR |
| Yavari et al. [36] | I: 20 C: 20 | 49.85 ± 8.85 | I: 131.5 ± 18.3 C: 122.3 ± 16.9 | I: 79.9 ± 9.0 C: 74.9 ± 14.4 | Inactive lifestyle | NR | Not | Withdrawal due to severe hypoglycemia repeated in the first month of this protocol (n = 2) | NR/15 |
| Non-progressive aerobic training Arora et al. [22] | I: 10 C: 10 | 55.3 ± 5.5 | I: 132.0 ± 8.5 C: 131.0 ± 6.4 | I: 84.0 ± 5.3 C: 84.0 ± 4.4 | Inactive | NR | NR | Not | NR/0 |
| Jorge et al. [24] | I: 12 C: 12 | 52.75 ± 9.26 | I: 141.1 ± 13.6 C: 135.8 ± 16.2 | I: 88.9 ± 12.7 C: 85.0 ± 6.7 | NR | Overweight/obesity | Not | Not | 97/NR |
| Kadoglou et al. [26] | I: 22 C: 21 | 58.61 ± 8.18 | I: 134.8 ± 17.4 C: 140.5 ± 14.7 | I: 79.9 ± 10.7 C: 78.9 ± 8.1 | Untrained | Overweight/obesity | Not | Not | 88 ± 4/3 |
| Kurban et al. [27] | I: 30 C: 30 | 53.67 ± 7.4 | I: 129.2 ± 12.1 C: 124.8 ± 14.6 | I: 78.8 ± 6.8 C: 77.9 ± 10.5 | NR | NR | NR | NR | NR/0 |
| Monteiro et al. [29] | I: 11 C: 11 | 60.6 ± 0.79 | I: 140.0 ± 14.4 C: 139.8 ± 19.5 | I: 75.4 ± 13.7 C: 77.5 ± 10.6 | Sedentary | NR | Not | NR | NR/NR |
| Nuttamonwarakul et al. [30] | I: 20 C: 20 | NR | I: 117.6 ± 15.0 C: 114.2 ± 9.5 | I: 74.7 ± 11.6 C: 70.7 ± 6.8 | NR | NR | NR | NR | NR/NR |
| Parra-Sánchez et al. [31] | I: 47 C: 41 | 72.9 ± 4.95 | I: 136.9 ± 14.5 C: 138.1 ± 13.7 | I: 76.6 ± 9.7 C: 76.6 ± 10.3 | Untrained | NR | NR | Stroke (n = 1), ankle sprain (n = 1) | NR/3 |
| Sridhar et al. [34] | I: 55 C: 50 | 60.61 ± 5.85 | I: 144.2 ± 2.9 C: 145.2 ± 3.3 | I: 88.6 ± 3.9 C: 87.1 ± 3.9 | NR | Hypertension | NR | NR | NR/ NR |

I - intervention, C - control, N - number of participants, NR - not reported.

of sample losses was reported in 11 studies (64.7%) and the analysis of data for intention to treat was performed in seven studies (41.2%) (Supplementary Table 3). Observed separately, the greatest differences in methodological quality were observed in the blinding of the evaluators (PAT: 33.3%; NPAT: 12.5%), description of sample losses (PAT: 77.8%; NPAT: 50.0%) and data analysis by intention to treat (PAT: 33.3%; NPAT: 50.0%).

3.5. Effect of interventions

3.5.1. Effects of aerobic training (overview)

In general, aerobic training was effective both in reducing SBP (mean difference: -7.42 mmHg; 95% CI $-8.41, -6.44$; $p < 0.001$; $I^2: 8\%$) and DBP (mean difference: -3.84 mmHg; 95% CI $-5.17, -2.51$; $p = 0.001$; $I^2: 51\%$).

3.5.2. Effects of continuous aerobic training

Excluding from the analysis only the two studies that used the interval method, significant reductions in BP were found in comparison to the control groups. For SBP the reductions were 7.72 mmHg (95% CI $-8.66, -6.78$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$) and for DBP the reductions were 4.22 mmHg (95% CI $-5, 70, -2.73$; $p < 0.001$; $I^2: 49\%$).

3.5.3. Effects of aerobic training on SBP (PAT and NPAT)

Data regarding SBP responses to NPAT were present in eight studies that compared this training with a control group, totaling 407 participants (NPAT: $n = 212$; control: $n = 195$). NPAT was associated with a decrease of 8.07 mmHg (95% CI $-9.37, -6.77$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$) in SBP when compared to not performing any intervention (Fig. 2A).

As for PAT, nine studies presented data referring to SBP responses to training, totaling 482 participants (PAT: $n = 241$; control: $n = 241$). PAT was associated with a reduction of 6.78 mmHg (95% CI $-8.36, -5.19$; $p < 0.001$; $I^2: 24\%$) in SBP when compared to no intervention (Fig. 2B).

3.5.4. Effects of aerobic training on DBP (PAT and NPAT)

Data related to DBP responses to NPAT were available in eight studies that compared this training with control groups, in a total of 407 participants (NPAT = $n: 212$; control = $n: 195$). NPAT was associated with a reduction of 5.71 mmHg (95% CI $-7.15, -4.28$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$) in DBP when compared to no intervention (Fig. 3A).

As for PAT, nine studies presented data regarding DBP responses to training, totaling 482 participants (PAT: $n = 241$; control: $n = 241$). PAT was associated with a reduction of 3.10 mmHg (95% CI $-4.89, -1.30$; $p < 0.001$; $I^2: 62\%$) in DBP

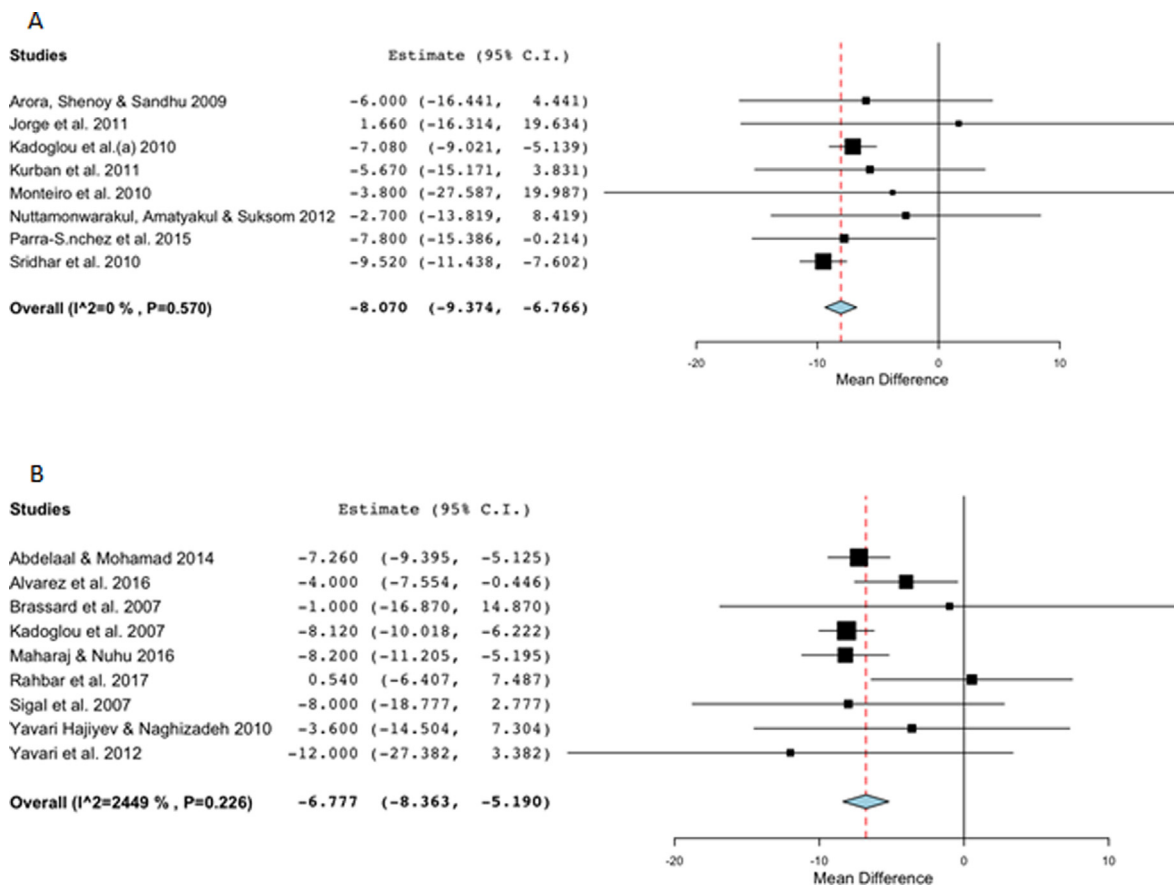


Fig. 2 – Mean differences in SBP observed (A) between aerobic training without progression compared to control (without intervention) and (B) between aerobic training with progression compared to control (without intervention). (Black square) Study-specific estimates; (black diamond) pooled estimates of random-effects meta-analyses. CI indicates confidence interval.

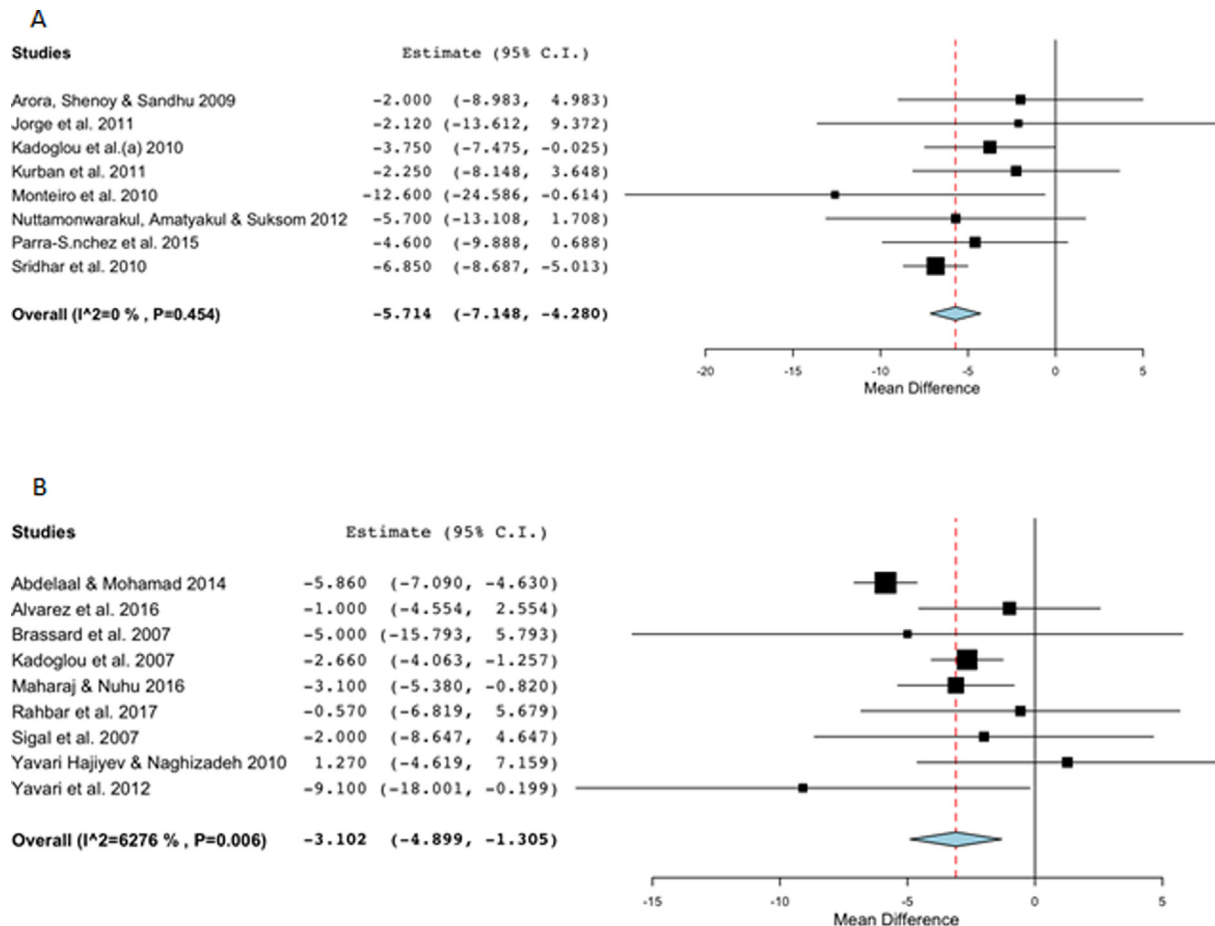


Fig. 3 – Mean differences in DBP observed (A) in aerobic training without progression compared to control (without intervention) and (B) in aerobic training with progression compared to control (without intervention). (Black square) Study-specific estimates; (black diamond) pooled estimates of random-effects meta-analyses. CI indicates confidence interval.

when compared to not performing any intervention (Fig. 3B).

3.5.5. Effects of different progressions on SBP

When observing the training progression only in duration, three studies presented data related to SBP reductions in response to this training, with a total of 136 participants (progression in duration: $n = 69$; control: $n = 67$). Training with progression in duration was associated with a reduction of 5.99 mmHg (95% CI $-9.56, -2.42$; $p < 0.001$; $I^2: 44\%$) in SBP when compared to no intervention.

Data on SBP reductions in response to training with intensity progression were available in only two studies, in a total of 84 participants (progression in intensity: $n = 42$; control: $n = 42$). No significant reduction in SBP was found in groups with progression of training intensity compared to control groups (mean difference: -4.46 mmHg; 95% CI $-12.84, 3.92$; $p = 0.297$; $I^2: 82\%$).

As for progression in both duration and intensity, four studies presented data regarding responses to this training in SBP, totaling 262 participants (progression in duration and intensity: $n = 130$; control: $n = 132$). Training with progression in duration and intensity was associated with a reduction of

7.24 mmHg (95% CI $-9.28, -5.20$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$) in SBP when compared to no intervention.

3.5.6. Effects of different progressions on DBP

The studies that analyzed the effects of the progression of aerobic training on DBP are the same as the studies previously mentioned which analyzed the effects of the progression of training on SBP.

A reduction of 2.56 mmHg (95% CI $-4.45, -0.67$; $p = 0.008$; $I^2: 0\%$) was found in the DBP of participants who underwent training with duration progression when compared to groups without intervention.

As for training with progression in intensity, only two studies contained data regarding the reduction of DBP, with a total of 84 participants (groups with progression in intensity: $n = 42$; control groups: $n = 42$). A significant reduction of 2.56 mmHg (95% CI $-3.93, -1.19$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$) was found in the groups that performed the training with intensity progression when compared to the control groups.

Finally, four studies contained data on DBP in response to PAT in both duration and intensity, with a total of 262 participants (groups with progression in duration and intensity: $n = 130$; control groups: $n = 132$). There was no significant

reduction in DBP in those training with progression in duration and intensity when compared to the control groups (mean difference: -3.92 mmHg; 95% CI $-7.87, 0.02$; $p = 0.051$; $I^2: 58\%$).

3.5.7. Effects of aerobic training according to the level of trainability

The analyses performed with participants classified as untrained indicated a significant reduction in SBP (mean difference: -7.10 ; 95% CI $-8.09, -6.11$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$) and DBP (mean difference: -3.40 ; 95% CI $-4.87, -1.92$; $p < 0.001$; $I^2: 50\%$) in response to aerobic training. In studies that did not report the training level of the participants, significant reductions for SBP (mean difference: -8.35 ; 95% CI $-11.41, -5.30$; $p < 0.001$; $I^2: 10\%$) and DBP (mean difference: -6.31 ; 95% CI $-8.00, -4.62$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$) were found.

3.5.8. Effects of aerobic training on subjects with and without comorbidities

The presence or absence of comorbidities did not influence the effects of aerobic training on SBP and DBP. Aerobic training promoted a significant reduction of 7.47 mmHg (95% CI $-8.84, -6.10$; $p < 0.001$; $I^2: 41\%$) and 6.64 mmHg (95% CI $-8.87, -4.40$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$) in the SBP of people with and without comorbidities, respectively. In relation to DBP, aerobic training also provided a significant reduction for people with (mean difference: -4.28 ; 95% CI $-6.16, -2.39$; $p < 0.001$; $I^2: 72\%$) and without comorbidities (mean difference: -3.05 mmHg; 95% CI $-4.65, -1.45$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$). Among the comorbidities reported by the studies are obesity, overweight, hypertension and left ventricular diastolic dysfunction.

3.5.9. Effects of aerobic training according to aerobic training modalities

The analysis according to the training modalities indicated that they cause different results on BP. Studies that used walking and running training showed significant reductions both in SBP (mean difference: -5.90 ; 95% CI $-7.69, -4.11$; $p < 0.001$; $I^2: 3\%$) and in DBP (mean difference: -3.65 ; 95% CI $-6.09, -1.21$; $p = 0.03$; $I^2: 49\%$). Studies that used cycle ergometer training protocols did not show significant reductions in SBP (mean difference: 0.16 ; 95% CI $-11.73, 12.06$; $p = 0.978$; $I^2: 0\%$) and in DBP (mean difference: -3.65 ; 95% CI $-11.52, 4.22$; $p = 0.363$; $I^2: 0\%$). Studies that used the combination of modalities (treadmill, cycle ergometer and elliptical trainer) showed the greatest reductions in SBP (mean difference: -8.22 ; 95% CI $-9.31, -7.12$; $p < 0.001$; $I^2: 0\%$), and also showed reductions in DBP (mean difference: -3.85 ; 95% CI $-6.41, -1.28$; $p = 0.003$; $I^2: 71\%$).

3.5.10. Meta-regression analyses

According to the results of the meta-regression analyses, age, weekly duration, intervention period and BMI were not associated with reduced SBP. However, baseline SBP ($\beta: -0.143$; CI $-0.274, -0.011$; $p = 0.033$), weekly frequency ($\beta: -1.420$; CI $-2.551, -0.289$; $p = 0.014$) and the number of users of antihypertensive drugs in the sample ($\beta: -0.282$; IC $-0.492, -0.072$; $p = 0.008$) were associated with reduction in SBP, being considered predictors of the reduction in this variable as a result of aerobic training. Thus, the higher the baseline SBP, the weekly frequency and the number of users of antihypertensive drugs

in the sample, higher the reduction in SBP due to aerobic training.

For DBP, baseline DBP values were associated with a decrease in response to training ($\beta: -0.228$; CI $-0.366, -0.090$; $p = 0.001$). The other variables were not associated with reductions in DBP (Supplementary Table 3).

4. Discussion

This meta-analysis included 17 studies containing data from 884 participants and aimed to analyze the effects of aerobic training with and without progression on the BP of patients with DM2. Our research has shown that aerobic training is effective in reducing SBP and DBP regardless of whether or not the training progresses.

The reduction in SBP found in the present meta-analysis through aerobic training (-7.42 mmHg) was greater than the reduction shown in a previous meta-analysis achieved with pharmacological treatment (-4.65 mmHg) in patients with DM2 [37]. This same meta-analysis did not find a significant reduction in DBP after pharmacological treatment (-1.81 mmHg; 95% CI: $-3.7, 0.1$; $p = 0.065$) [37], unlike our study which showed a decrease in DBP after aerobic training (-3.31 mmHg). A second meta-analysis showed a reduction of 3.5 mmHg in SBP and a reduction of 2.5 mmHg in DBP after aerobic training in hypertensive and normotensive adults [38]. The comparison between the findings of these two meta-analytical studies with those of the present study reinforces the relevance of aerobic training in non-pharmacological BP control, especially in patients with DM2. Still, it is important to highlight the clinical relevance of our findings, since reduction of 5 to 6 mmHg in BP are associated to a 35–40% lower risk of stroke and 20–25% lower risk of coronary arterial disease [39].

Additionally, our findings suggest that, when analyzed separately, NPAT had greater magnitude both in the reduction of SBP (-8.07 mmHg) and in DBP (-5.71 mmHg) compared to PAT, which had a reduction of 6.78 mmHg in SBP and a reduction of 3.10 mmHg in DBP. It is important to note that studies that had progression of training started interventions with a lower mean SBP value compared to studies without progression of training, which implies less magnitude of reduction in progressive protocols, since baseline SBP values were predictors of the effect of training in meta-regression analysis. In addition, studies that had progression of training had average duration and intensity lower than studies without progression. As training dosage (intensity and duration) is important for blood pressure reduction [40–42], including patients with DM2 [40], it is important consider this when evaluating studies with training progression. So, in our study, PAT studies presented important BP reductions even before of reach dosage recommended or similar to those used in NPAT studies.

When analyzing only the studies that used the continuous training method, the reduction in SBP (-7.72 mmHg) and DBP (-4.22 mmHg) remained very close to the general analysis (continuous and interval), with a magnitude of reduction slightly higher. These findings corroborate meta-analyses with DM2 [42] and heart failure [43] comparing pressure responses between continuous and interval methods, which found an effect in both methods.

Although the main care guidelines for patients with DM2 [1] advise the progression of training in intensity, frequency and/or duration, there is still a lack of studies following these recommendations and indicating which type(s) of progression enhances the benefits promoted by training. In general, when these variables progress, this occurs until the recommended doses are reached. Thus, there is a lack of evidence on the continuity of training after reaching such recommendations and on the responses to this continued training. In the present review, after subgroup analyses, only studies that had progression in duration had reductions in both SBP (-5.99 mmHg) and DBP (-2.56 mmHg). Interventions involving training with intensity progression were effective only in reducing DBP (-2.56 mmHg), but without reducing SBP ($p = 0.297$). Finally, training programs with progression in both duration and intensity resulted in greater reductions in SBP (-7.24 mmHg), without, however, significantly altering DBP ($p = 0.051$). However, only two studies were included in this analysis, making the statement fragile, in addition to the p -value demonstrating a trend towards statistical significance. Still, training programs that progress in both duration and intensity can be a good training strategy when the goal is to reduce SBP. It should also be noted that training programs with progression in duration and intensity are also very effective in reducing HbA1c [16], the primary outcome in controlling DM2.

In the analysis according to the level of training, most of the studies included untrained people (76%), while four studies did not report the training status of their samples. These sub-analyses indicated that, in these two scenarios, SBP and DBP significantly decreased. No study has proposed a comparison of BP responses in trained and untrained patients and, even in non-diabetic people, studies that have explored this variable in chronic terms are lacking. Acutely, there is no consensus regarding the influence of the level of training on BP responses to aerobic exercise, with studies indicating that there is no difference in these responses when compared trained and untrained individuals [44] or greater reductions in BP in trained individuals [45], which could be associated with better physical conditioning of these individuals and improved endothelial function. Regarding the effects of training (PAT and NPAT) in the presence or not of comorbidities, there was no influence on the results for SBP and DBP, although most studies did not report whether there were comorbidities, which makes it difficult to associate the effects with that factor. In the case of studies that mentioned the comorbidities of the investigated samples, obesity/overweight and hypertension were the most reported diseases. The literature shows that individuals with hypertension seem to be more responsive to training when compared to normotensive individuals, both in SBP and DBP [38], and, when analyzing the studies individually, Sridhar et al. [34] showed the greatest reduction in SBP, having reported the presence of hypertension in their sample. In addition, obese individuals have higher values in hemodynamic variables and also altered autonomic function when compared to eutrophic individuals [46], and aerobic training, by promoting improvements in these variables and consequently improving hemodynamic parameters, causes effects of greater magnitude in this population [47]. Studies such as Kadoglou et al. [25] and

Kadoglou et al. [26] reported the presence of obesity in their samples and showed greater reductions in SBP.

In the analysis of subgroups related to the modalities used in training, the combination of modalities in the same intervention provided the greatest decrease in SBP (-8.22 mmHg), and also showed reductions in DBP (-3.85 mmHg). This was followed by the isolated modalities of walking and/or running, which were both effective in reducing SBP and DBP. In contrast, the use of cycle ergometers in training was not effective in reducing BP. A possible explanation for these findings may be associated with the amount of muscle mass used in the exercise and consequently lower energy expenditure than walking/running in same relative intensity [48]. Despite of no studies have analyzed the effects of different exercise modes BP, it seems reasonable to speculate that exercise modes that require higher amounts of muscle mass and energy expenditure may result in better health improvements, as BP reduction, for patients with DM2. Contrasting our findings, a systematic review study with meta-analysis observed that the greatest falls in post-exercise BP seem to occur in the walking and running modalities, followed by the combination of modalities and lastly the cycle ergometer and resistance training modalities, possibly due to the function of the muscle mass involved [49]. However, the differences observed in the results in relation to the modalities are inconclusive in the literature and studies investigating the influence of this factor are scarce [50], especially with regard to the chronic effect of training in patients with DM2. It is also important to highlight that the use of the combination of modalities in training can positively influence the motivation and adherence of participants to training programs in the long term.

Meta-regression analyses were performed to identify possible moderators of the effects of aerobic training on BP. Interestingly, only baseline DBP values were associated with their reduction, while for baseline SBP values, the weekly frequency of training and the number of users of antihypertensive drugs included in the sample were associated with reduction. Regarding SBP and baseline DBP, these findings are in line with literature that indicates that patients with higher BP levels are the most responsive to training [38]. In this sense, it is suggested that the training effect is enhanced in patients with higher BP values which are not well controlled, presenting a greater range of improvement compared to patients with lower values that are already well controlled.

Regarding weekly frequency, the studies that had the highest weekly frequencies of physical exercise (four and five times a week), seem to have the best responses on SBP (-6.90 mmHg; -6.29 mmHg; -8.71 mmHg) [25,26,34]. However, a recent study [51], comparing different weekly frequencies (once, twice or three times per week) of HIIT exercise plus continuous moderate exercise, with three weekly sessions, showed a decrease in SBP regardless of the type of training and weekly frequency. The positive result found regarding weekly frequency is of great practical application, evidencing the moderating power of the number of sessions, when the same does not occur with weekly duration. This indicates that the duration of training variable should be looked at more specifically, since the sum of the already demonstrated [39] acute hypotensive effect of aerobic exercise seems to

have more chronic repercussions for these patients than the other training variables. Another moderator found was the number of antihypertensive users in the sample. Greater reductions in SBP were found in studies reporting a greater number of users of specific medications for the outcome in question. This result implies the understanding that patients already medicated for BP control still benefit from the effects of training, as they appear to be the most responsive.

In the direction of our findings, recently Noone et al. [52] and Lavie et al. [53] evidenced that non-pharmacologic therapy, including exercise training, should be considered as first-line therapy for at least mild hypertension. Specifically regarding exercise training, due its low cost, lack of side effects and no medication interactions, especially considering the known impact to improve levels of cardiorespiratory fitness (CRF), perhaps the strongest CVD risk marker, exercise training should be part of every antihypertensive treatment.

The guidelines on DM2 [1] suggest that the training variables should progress through the interventions, but it is not clear how this progression should be carried out. In another meta-analysis [16] comparing responses of aerobic training with and without progression, it was found that those studies that performed progression were those that had the greatest HbA1c reductions, especially when progressing in duration and intensity. In our study, both forms of training (with and without progression) were effective in reducing BP. Analyzing only the studies that progressed, the progression in duration and intensity again proved to be more effective. Thus, our study may be complementing the information in the guidelines and elucidating gaps in the training prescription for this population.

Finally, this meta-analysis has some limitations, such as the high degree of heterogeneity in some comparisons and the low methodological quality of some included studies. Further, some studies did not provide important information about methodological procedures, making it difficult to determine whether the risk of bias was high or low. Still, some studies did not report important information about training and the characteristics of the participants, such as the number of progressions and comorbidities, respectively. Finally, despite having a considerable total number of eligible articles, some sub-analyses had a small sample of studies. On the other hand, the present study contributes to the literature on physical training and treatment of aggravating factors for DM2, through the use of the meta-analytic approach to examine the effects of aerobic training on BP levels.

5. Conclusion

Based on our results, it is concluded that, aerobic training is effective in reducing BP in patients with DM2 regardless of whether or not there is progression in the variables training. Finally, aerobic training can be one of the forms of BP control in patients with DM2, in addition, the combination of modalities, as well as higher weekly frequencies should be especially considered when planning physical training.

CRediT authorship contribution statement

Isabel Heberle: Investigation, Methodology, Writing - original draft, Writing - review & editing. **Guilherme Tadeu de Barcelos:** Investigation, Methodology, Writing - original draft, Writing - review & editing. **Rochelle Rocha Costa:** Formal analysis, Software, Writing - original draft, Writing - review & editing. **Leonardo Mendonça Pilar Silveira:** Conceptualization, Writing - review & editing. **Aline Mendes Gerage:** Supervision, Validation, Writing - original draft, Writing - review & editing. **Rodrigo Sudatti Delevatti:** Conceptualization, Data curation, Project administration, Supervision, Validation, Writing - original draft, Writing - review & editing. All authors reviewed final version of the manuscript, and takes responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All authors read and approved the final manuscript.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgements

Not applicable.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Ethics approval

Not applicable.

Availability of data and material

Please contact the authors for data requests.

Appendix A. Supplementary material

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108581>.

REFERENCES

- [1] ADA, American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes—2020; 2020.
- [2] 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* 2014;57(9):1789–97.

- [3] Hayashino Y, Jackson JL, Hirata T, Fukumori N, Nakamura F, Fukuhara S, et al. Effects of exercise on C-reactive protein, inflammatory cytokine and adipokine in patients with type 2 diabetes: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Metabolism* 2014;63(3):431–40.
- [4] Belli T, Ribeiro LFP, Ackermann MA, Baldissera V, Gobatto CA, Galdino da Silva R. Effects of 12-week overground walking training at ventilatory threshold velocity in type 2 diabetic women. *Diabetes Res Clin Pract* 2011;93(3):337–43.
- [5] Delevatti R, Schuch FB, Kanitz AC, Alberton CL, Marson EC, Lisboa SC, et al. Quality of life and sleep quality are similarly improved after aquatic or dry-land aerobic training in patients with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. *J Sci Med Sport* 2018;21(5):483–8.
- [6] Figueira FR, Umpierre D, Casali KR, Tetelbom PS, Henn NT, Ribeiro JP, et al. Aerobic and combined exercise sessions reduce glucose variability in type 2 diabetes: crossover randomized trial. Song Y, organizador. *PLoS ONE*. 2013;8(3):e57733.
- [7] Colberg SR. Key points from the updated guidelines on exercise and diabetes. *Front Endocrinol* 2017;8.
- [8] Alvarez C, Ramirez-Campillo R, Martinez-Salazar C, Mancilla R, Flores-Opazo M, Cano-Montoya J, et al. Low-volume high-intensity interval training as a therapy for type 2 diabetes. *Int J Sports Med* 2016;37(09):723–9.
- [9] Boulé NG, Kenny RJ, Haddad E, Wells GA, Sigal RJ. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia* agosto de 2003;46(8):1071–81.
- [10] Liubaoerjijin Y, Terada T, Fletcher K, Boulé NG. Effect of aerobic exercise intensity on glycemic control in type 2 diabetes: a meta-analysis of head-to-head randomized trials. *Acta Diabetol* 2016;53(5):769–81.
- [11] Li J, Zhang W, Guo Q, Liu X, Zhang Q, Dong R, et al. Duration of exercise as a key determinant of improvement in insulin sensitivity in type 2 diabetes patients. *Tohoku J Exp Med* 2012;227(4):289–96.
- [12] Umpierre D. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA_{1c} levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2011;305(17):1790.
- [13] Umpierre D, Ribeiro PAB, Schaan BD, Ribeiro JP. Volume of supervised exercise training impacts glycaemic control in patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-regression analysis. *Diabetologia* 2013;56(2):242–51.
- [14] Delevatti RS, Kanitz AC, Alberton CL, Marson EC, Lisboa SC, Pinho CDF, et al. Glucose control can be similarly improved after aquatic or dry-land aerobic training in patients with type 2 diabetes: A randomized clinical trial. *J Sci Med Sport* 2016;19(8):688–93.
- [15] Delevatti RS, Pinho CDF, Kanitz AC, Alberton CL, Marson EC, Bregagnol LP, et al. Glycemic reductions following water- and land-based exercise in patients with type 2 diabetes mellitus. *Complement Ther Clin Pract* 2016;24:73–7.
- [16] Delevatti RS, Bracht CG, Lisboa SDC, Costa RR, Marson EC, Netto N, et al. The role of aerobic training variables progression on glycemic control of patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-analysis. *Sports Med – Open* 2019;5(1).
- [17] Grossman A, Grossman E. Blood pressure control in type 2 diabetic patients. *Cardiovasc Diabetol* 2017;16(1).
- [18] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Ann Int Med* 2009;151:264–9.
- [19] Higgins JP, Green S. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions: Cochrane book series*. 674.
- [20] Wallace BC, Dahabreh IJ, Trikalinos TA, Lau J, Trow P, Schmid CH. Closing the gap between methodologists and end-users: R as a computational back-end. *J Stat Softw* 2012;49(5).
- [21] Abdelaal AAM, Mohamad MA. Obesity indices and haemodynamic response to exercise in obese diabetic hypertensive patients: Randomized controlled trial. *Obes Res Clin Pract* 2015;9(5):475–86.
- [22] Arora E, Shenoy S, Sandhu JS. Effects of resistance training on metabolic profile of adults with type 2 diabetes. *Indian J Med Res* 2009;5.
- [23] Brassard P, Legault S, Garneau C, Bogaty P, Dumesnil J-G, Poirier P. Normalization of diastolic dysfunction in type 2 diabetics after exercise training. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(11):1896–901.
- [24] Jorge MLMP, de Oliveira VN, Resende NM, Paraiso LF, Calixto A, Diniz ALD, et al. 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* 2011;60(9):1244–52.
- [25] Kadoglou NPE, Iliadis F, Angelopoulou N, Perrea D, Ampatzidis G, Liapis CD, et al. The anti-inflammatory effects of exercise training in patients with type 2 diabetes mellitus. *Eur J Cardiovasc PrevRehabil* 2007;14(6):837–43.
- [26] Kadoglou NPE, Iliadis F, Sailer N, Athanasiadou Z, Vitta I, Kapelouzou A, et al. Exercise training ameliorates the effects of rosiglitazone on traditional and novel cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism* 2010;59(4):599–607.
- [27] Kurban S, Mehmetoglu I, Yerlikaya HF, Gönen S, Erdem S. Effect of chronic regular exercise on serum ischemia-modified albumin levels and oxidative stress in type 2 diabetes mellitus. *Endocr Res* 2011;36(3):116–23.
- [28] Maharaj SS, Nuhu JM. Rebound exercise: A beneficial adjuvant for sedentary non-insulin-dependent type 2 diabetic individuals in a rural environment: Rebound Exercise for type 2 diabetes. *Aust J Rural Health* 2016;24(2):123–9.
- [29] Monteiro LZ, Fiani CRV, de Freitas MCF, Zanetti ML, Foss MC. Decrease in blood pressure, body mass index and glycemia after aerobic training in elderly women with type 2 diabetes. *Arq Bras Cardiol* 2010;8.
- [30] Nuttamonwarakul A, Amatyakul S, Suksom D. Twelve weeks of aqua-aerobic exercise improve physiological adaptations and glycemic control in elderly patients with type 2 diabetes. *J Exerc Physiol* 2012;7.
- [31] Parra-Sánchez J, Moreno-Jiménez M, Nicola CM, Nocua-Rodríguez II, Amegló-Parejo MR, del Carmen-Peña M, et al. Evaluación de un programa de ejercicio físico supervisado en pacientes sedentarios mayores de 65 años con diabetes mellitus tipo 2. *Aten Primaria* 2015;47(9):555–62.
- [32] Rahbar S, Naimi SS, Soltani AR, Rahimi A, Akbarzadeh Baghban A, Rashedi V, et al. Improvement in biochemical parameters in patients with type 2 diabetes after twenty-four sessions of aerobic exercise: a randomized controlled trial. *Iran red crescent. Med J* 2017;19(7).
- [33] Sigal RJ, Kenny GP, Boulé NG, Wells GA, Prud'homme D, Fortier M, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2007;147(6):357.
- [34] Sridhar B, Haleagrahara N, Bhat R, Kulur AB, Avabratha S, Adhikary P. Increase in the heart rate variability with deep breathing in diabetic patients after 12-month exercise training. *Tohoku J Exp Med* 2010;220(2):107–13.

- [35] Yavari A, Hajiyev AM, Naghizadeh F. The effect of aerobic exercise on glycosylated hemoglobin values in type 2 diabetes patients. *J Sport Med Phys Fit* 2010;50(4):6.
- [36] Yavari A, Najafipour F, Aliasgharzadeh A, Niafar M, Mobasser M. Effect of aerobic exercise, resistance training or combined training on glycaemic control and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. *Biol Sport* 2012;29(2):135–43.
- [37] Nogueira M, Otuyama LJ, Rocha PA, Pinto VB. Pharmaceutical care-based interventions in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Einstein J* 2020;18.
- [38] Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc* 2013;2(1).
- [39] Collins R, Peto R, MacMahon S, Hebert P, Fiebach NH, Eberlein KA, et al. Blood pressure, stroke, and coronary heart disease. Part 2, Short-term reductions in blood pressure: overview of randomised drug trials in their epidemiological context. *Lancet* 1990;7(335):827–38.
- [40] Morais KP, Sales MM, Almeida JA, Santos DM, Sousa CV, Simões HG. Effects of aerobic exercise intensity on 24-h ambulatory blood pressure in individuals with type 2 diabetes and prehypertension. *J Phys Ther Sci* 2015;27(1):51–6.
- [41] Keese F, Farinatti P, Pescatello L, Cunha F, Monteiro W. Aerobic exercise intensity influences hypotension following concurrent exercise sessions. *Int J Sports Med* 2012;33(02):148–53.
- [42] Santana HAP, Moreira SR, Asano RY, Sales MM, Córdova C, Campbell CSG, et al. Exercise intensity modulates nitric oxide and blood pressure responses in hypertensive older women. *Aging Clin Exp Res* 2013;25(1):43–8.
- [43] De Nardi AT, Tolves T, Lenzi TL, Signori LU, da Silva AMV. High-intensity interval training versus continuous training on physiological and metabolic variables in prediabetes and type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract* 2018;137:149–59.
- [44] Senitko AN, Charkoudian N, Halliwill JR. Influence of endurance exercise training status and gender on postexercise hypotension. *J Appl Physiol* 2002;92(6):2368–74.
- [45] Imazu AA, Goessler KF, Casonatto J, Polito MD. The influence of physical training status on postexercise hypotension in patients with hypertension: a cross-sectional study. *Blood Press Monit* 2017;22(4):196–201.
- [46] Rossi RC, Vanderlei LCM, Gonçalves ACCR, Vanderlei FM, Bernardo AFB, Yamada KMH, et al. Impact of obesity on autonomic modulation, heart rate and blood pressure in obese young people. *AutonNeurosci Basic* 2015;193:138–41.
- [47] Yoshikawa T, Kumagai H, Myoenzono K, Tsujimoto T, Tanaka K, Maeda S. Aerobic exercise training normalizes central blood pressure regulation after oral glucose loading in overweight/obese men. *Clin Exp Hypertens* 2019;41(1):28–35.
- [48] Zeni AI, Hoffman MD, Cliffors PS. Energy expenditure with indoor exercise machines. *JAMA* 1996;275(18):1424–7.
- [49] Carpio-Rivera E, Moncada-Jiménez J, Salazar-Rojas W, Solera-Herrera A. Acute effects of exercise on blood pressure: a meta-analytic investigation. *Arq Bras Cardiol* 2016;106(5):422–33.
- [50] Casonatto J, Polito MD. Hipotensão pós-exercício aeróbio: uma revisão sistemática. *Rev Bras Med Esporte* 2009;15(2):151–7.
- [51] Chin EC, Yu AP, Lai CW, Fong DY, Chan DK, Wong SH, et al. Low-frequency HIIT improves body composition and aerobic capacity in overweight men. *Med Sci Sport Exer* 2020;52(1):56–66.
- [52] Noone C, Leahy J, Morrissey EC, Newell J, Newell M, Dwyer CP, et al. Comparative efficacy of exercise and anti-hypertensive pharmacological interventions in reducing blood pressure in people with hypertension: A network meta-analysis. *Eur J Prev Cardiol* 2020;27(3):247–55.
- [53] Lavie CJ, Stewart M, Ozemek C. Benefits of exercise training on blood pressure and beyond in cardiovascular diseases. *Eur J Prev Cardiol* 2020;27(3):244–6.