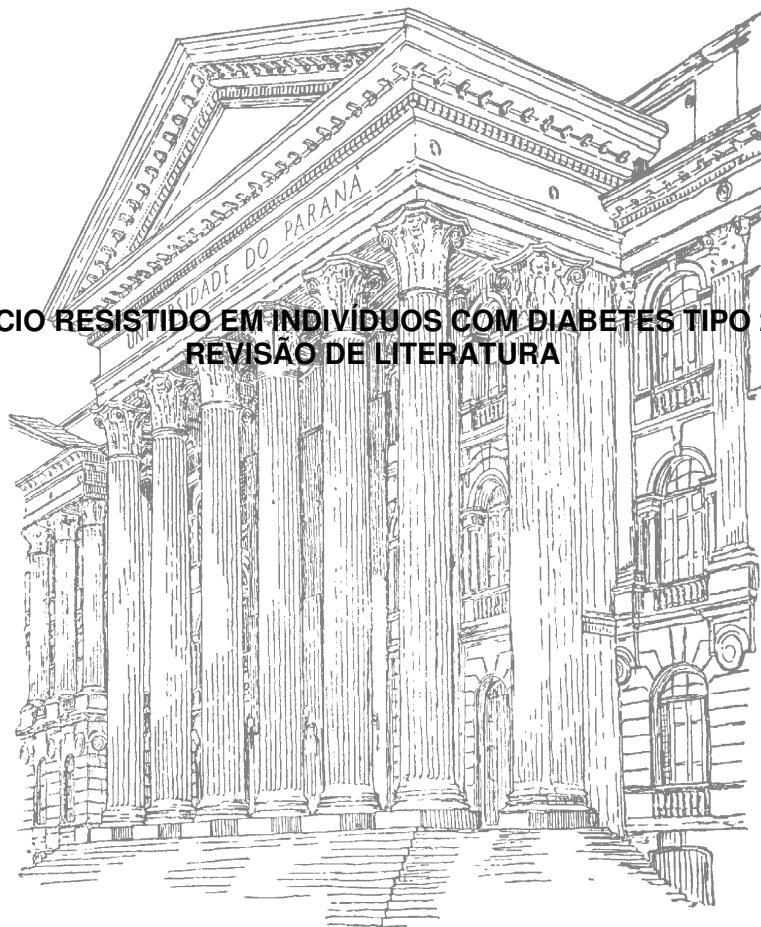


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANIELA TIEMI SATO

**EXERCÍCIO RESISTIDO EM INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO 2: UMA
REVISÃO DE LITERATURA**



**CURITIBA
2018**

DANIELA TIEMI SATO

**EXERCÍCIO RESISTIDO EM INDIVÍDUOS COM DIABETES TIPO 2: UMA
REVISÃO DE LITERATURA**

Monografia apresentada como requisito parcial
para a conclusão do Curso de Especialização
em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências
Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
Orientador: Prof. Dr. Diogo Homann.

**CURITIBA
2018**

Dedico este trabalho aos meus maiores incentivadores: “Meu pai, minha mãe e meus amigos”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus...

Agradeço a meus pais, Julio e Leda, que sempre confiaram em mim e sempre me apoiaram em todas as minhas decisões.

Agradeço a meus amigos que sempre estiveram presentes e sempre me incentivaram a buscar novas oportunidades e nunca desistir.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação e que contribuíam para que eu concluísse o Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício.

RESUMO

O diabetes mellitus ou diabetes é um grupo de doenças metabólicas, caracterizado pela hiperglicemia (níveis elevados de glicose no sangue). Alguns estudos demonstraram que o treinamento de resistência pode reduzir a hemoglobina glicada A1c (HbA1c) e aumentar a sensibilidade à insulina. O objetivo desse estudo foi investigar quais os efeitos dos exercícios físicos resistidos em indivíduos com diabetes mellitus tipo 2 (DM2) em relação a indicadores do controle glicêmico. Foi realizada revisão de literatura e o levantamento de artigos ocorreu em periódicos indexados nas bases de dados da PubMed, Portal Capes e Scielo (*Scientific Electronic Library Online*). Como estratégia de busca utilizou-se os descritores em inglês: “*strength training diabetic*”, “*diabetes and resistance training*” e “*diabetes type 2 and exercise*”. Ainda que o treinamento resistido tenha contribuído para o aumento de massa muscular, aumento de força muscular e diminuição de gordura corporal em indivíduos com DM2, o mesmo não melhorou de forma significativa os parâmetros glicêmicos investigados, tais como hemoglobina glicada e glicose em jejum. Intervenções com programas de treinamento físico combinado (treinamento aeróbico e resistido) são sugeridos, pois parece existir potencialização, principalmente, para a redução da resistência à insulina quando comparado somente à intervenção com exercícios resistidos realizados de forma isolada.

Palavras-chave: Diabetes tipo 2, treinamento resistido e controle glicêmico.

ABSTRACT

Diabetes mellitus or diabetes is a group of metabolic diseases characterized by hyperglycemia (elevated blood glucose levels). Some studies have shown that resistance training can reduce glycated hemoglobin A1c (HbA1c) and increase insulin sensitivity. The aim of this study was to investigate the effects of resistance physical exercises in persons with type 2 diabetes mellitus (DM2) in relation to glycemic control indicators. A literature review was carried out and articles were collected in periodicals indexed in the PubMed, *Capes Portal* and Scielo (Scientific Electronic Library Online) databases. The search terms used were: “strength training diabetic”, “diabetes and resistance training”, and “diabetes type 2 and exercise”. Although resistance training contributes to the increase of muscle mass, increase of muscle strength and decrease in body fat in individuals with T2DM, the resistance training did not significantly improve the glycemic parameters investigated, such as glycated hemoglobin and fasting glucose. Training with combined physical training programs (aerobic and resistance training) are recommended, since there seems to be potentiation, mainly, for the reduction of insulin resistance when compared to intervention with resistance exercises performed in isolation.

Key-words: Type 2 diabetes, resistance training and glycemic control

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivo.....	9
2. METODOLOGIA	10
3. DESENVOLVIMENTO	11
3.1 CLASSIFICAÇÃO DO DIABETES.....	11
3.2 DIAGNÓSTICO DE DIABETES.....	11
3.3 INSULINA E DIABETES TIPO 2	12
3.4 METABOLISMO DA GLICOSE E TREINAMENTO FÍSICO.....	12
3.5 TREINAMENTO RESISTIDO E DIABETES TIPO 2.....	13
4. CONCLUSÕES	19
REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

O diabetes mellitus ou diabetes é um grupo de doenças metabólicas e um distúrbio do metabolismo dos carboidratos, caracterizado pela hiperglicemia (níveis elevados de glicose no sangue), resultante tanto da produção inadequada de insulina pelo pâncreas como também da incapacidade da insulina em facilitar o transporte de glicose até o interior das células. Além disso, vários processos patogênicos estão envolvidos no diabetes, como a destruição autoimune das células beta, resultando na deficiência de secreção de insulina (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2018; WILMORE, COSTILL e KENNEY, 2010).

Além disso, é um problema de saúde em todos os países, independente do seu grau de desenvolvimento. De acordo com a Federação Internacional de Diabetes, em 2040 foi projetado um número aproximado de 642 milhões de pessoas com diabetes no mundo (DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2017).

Diabetes é uma doença crônica complexa que requer cuidados médicos contínuos, com estratégias multifatoriais de redução de risco além do controle glicêmico (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2018).

O aumento da prevalência de diabetes está associado a diversos fatores, como: urbanização, transição nutricional, aumento do estilo de vida sedentário, excesso de peso, envelhecimento populacional e maior sobrevivência de pessoas com diabetes (DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2017).

Nesta revisão, será abordado o Diabetes mellitus tipo 2 (DM2), conhecido como “diabetes não insulino-dependente” ou “Diabetes do adulto”, que corresponde a 90 a 95% de todos os casos de DM (DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2017).

O risco de desenvolver DM2 aumenta com a idade, obesidade e a falta de atividade física. Ocorre com mais frequência em mulheres com diabetes mellitus gestacional (DMG) prévia, em indivíduos com hipertensão ou dislipidemia, e em certos subgrupos raciais/étnicos (afro-americano, índio-americano, hispânico/latino e asiático-americano). Além disso, está frequentemente associado à predisposição genética ou

histórico familiar de parentes de primeiro grau (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2018).

O controle do DM2 se dá pelos seguintes fatores: perda de peso, dieta alimentar de baixo índice glicêmico, exercícios físicos e alguns medicamentos hipoglicemiantes. A dieta e os exercícios físicos são importantes para o programa de tratamento do DM2 para a obtenção da perda de peso e aumento da sensibilidade à insulina (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2018; POWERS e HOWLEY, 2009; WILMORE, COSTILL e KENNEY, 2010).

Muitos estudos recomendam a realização de exercícios físicos aeróbios para indivíduos com DM2, ainda que evidências mostrem que o exercício resistido possa ser benéfico no controle glicêmico desses indivíduos (CIOLAC e GUIMARÃES, 2004).

1.1 Objetivo

O objetivo desse estudo foi investigar os achados sobre os efeitos dos exercícios físicos resistidos em indivíduos com Diabetes mellitus tipo 2 em relação aos indicadores do controle glicêmico.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura que investigou os achados referentes a estudos que avaliaram os efeitos do treinamento resistido em indivíduos com DM2.

O levantamento de artigos realizou-se em periódicos indexados nas bases de dados da PubMed, Portal Capes e Scielo (*Scientific Electronic Library Online*). Como estratégia de busca, utilizaram-se os seguintes descritores em inglês: “*strength training diabetic*”, “*diabetes and resistance training*” e “*diabetes type 2 and exercise*” e em português: “treinamento resistido e diabetes tipo 2”.

Foram encontrados mais de 1500 artigos e para a escolha dos artigos foi feito um recorte temporal de artigos publicados nos últimos 16 anos (2002-2018). A partir dos artigos selecionados, foram utilizados critérios de inclusão e exclusão e após a verificação dos critérios propostos, foram incluídos 15 artigos para esta revisão de literatura.

Os critérios de inclusão primário estipulados foram os seguintes: os artigos selecionados para uma análise mais específica incluíram ensaios clínicos controlados randomizados publicados como artigos, diretrizes sobre DM, estudos que envolveram pacientes com DM2, resultados com indivíduos com DM2 no treinamento resistido, controle glicêmico em longo prazo avaliado pela hemoglobina glicada (HbA1c) ou controle glicêmico de curto prazo e glicemia de jejum. Os critérios de inclusão secundário estipulados foram os seguintes: resultados com perfil lipídico, consumo máximo de oxigênio, ganho de força, antropometria, artigos que compararam exercícios resistidos contra o exercício aeróbico e combinado (aeróbico e resistido).

Os critérios de exclusão foram os seguintes: estudos que incluíram pacientes com ulceração, lesões de pele e/ou doença reumática, presença de condições crônicas, bem como pacientes com diabetes gestacional e diabetes mellitus tipo 1 artigos testados em animais.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO DIABETES

De acordo com The American Diabetes Association (ADA, 2018) o diabetes pode ser classificado nas seguintes categorias gerais:

1. Diabetes tipo 1 (devido à destruição autoimune de células β , geralmente levando a deficiência de insulina)
2. Diabetes tipo 2 (devido a uma perda progressiva de secreção de insulina de células β e resistência à insulina)
3. Diabetes mellitus gestacional (DMG) (diabetes diagnosticado no segundo ou terceiro trimestre da gravidez, em que não foi evidente a diabetes antes da gestação)
4. Tipos específicos de diabetes devido a outras causas, por exemplo, síndromes monogênicas do diabetes (como diabetes neonatal e diabetes de início da maturidade dos jovens), doenças do pâncreas exócrino (como fibrose cística e pancreatite), e diabetes induzido por drogas ou produtos químicos (como o uso de glicocorticoides, no tratamento de HIV / AIDS, ou após o transplante de órgãos).

Independente da classificação do diabetes, a principal característica do DM é a manutenção da glicemia em níveis acima dos valores considerados normais. (ARSA et al, 2009)

3.2 DIAGNÓSTICO DE DIABETES

O diagnóstico laboratorial do diabetes pode ser realizado por meio de glicemia de jejum, glicemia de 2 horas após teste oral de tolerância a glicose (TOTG) e hemoglobina glicada (HbA1c) (DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2017).

Conforme a classificação da ADA (2018) o diagnóstico primário de DM são: Glicemia de jejum ≥ 126 mg/dL, glicemia 2 horas após TOTG com 75 g de glicose (mg/dL) ≥ 200 e a Hemoglobina glicada (%) $\geq 6,5$.

A hemoglobina glicada (HbA1c) é considerada o exame padrão-ouro para avaliar o controle metabólico do indivíduo com diabetes. Os valores da HbA1c possibilita

estimar o quanto a glicemia ficou elevada nos últimos 3 a 4 meses (DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2017).

Para adultos, as recomendações de HbA1c variam de 6,5a 7,0%, dependendo da sociedade científica (DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2017).

3.3 INSULINA E DIABETES TIPO 2

A insulina é um hormônio anabólico, essencial para a manutenção da homeostase da glicose. Esse hormônio é secretado pelas células β das ilhotas de Langerhans, do pâncreas, devido a uma resposta ao aumento dos níveis circulantes de glicose e aminoácidos após as refeições. Além disso, ela regula a homeostase de glicose em vários níveis, reduzindo assim a produção de glicose hepática (via diminuição da gliconeogênese e glicogenólise) e aumentando a captação periférica de glicose, principalmente nos tecidos muscular e adiposo (CAVALHEIRA et al., 2002).

De acordo com Pádua et al., (2009) o diabetes tipo 2 é o resultado de uma complexa inter-relação entre componentes genéticos e ambientais. Indivíduos com DM2 apresentam hiperglicemia de jejum elevado, devido ao processo de gliconeogênese hepática e baixa capacidade de captação e utilização da glicose no músculo esquelético.

A secreção de insulina é defeituosa em indivíduos com DM2 e insuficiente para compensar a resistência à insulina. A resistência à insulina pode melhorar com a redução de peso e / ou tratamento farmacológico da hiperglicemia, mas raramente é restaurado ao normal (ADA, 2018).

3.4 METABOLISMO DA GLICOSE E TREINAMENTO FÍSICO

Em condições em que há uma elevada disponibilidade de lipídios, os músculos esqueléticos utilizamos ácidos graxos como substrato principal para a síntese de ATP; e em condições em que há grande disponibilidade de carboidratos, a glicose passa a ser mais utilizada (SILVEIRA et al., 2011).

Com relação ao metabolismo da glicose, o treinamento físico diminuí a secreção de insulina (a basal e a estimulada por glicose); enquanto que no músculo esquelético,

tanto o treinamento aeróbico quanto o treinamento resistido levam a aumento da expressão do transportador de glicose tipo 4 (*glucose transporter type 4*, GLUT4) muscular.

O GLUT4 é o maior transportador de glicose expresso no músculo esquelético. A glicose entra na célula muscular através de difusão facilitada pelo transportador de glicose GLUT4, que transloca dos depósitos de armazenamento intracelular para a membrana plasmática e para os túbulos-T quando há a contração muscular (RICHTER e HARGREAVES, 2013).

Com esse aumento da capacidade de transporte de glicose nos indivíduos treinados, há uma melhora na sensibilidade periférica a insulina. Os mecanismos pelo qual as atividades físicas aeróbicas e resistidas aumentam a captação periférica de glicose são semelhantes, mas o exercício resistido induz o ganho de massa muscular e, portanto, aumenta a capacidade de armazenamento de glicose (DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2017).

O treinamento físico é o estímulo mais potente para aumentar a expressão de GLUT4 no músculo esquelético, um efeito que pode contribuir para a melhora da ação da insulina e aumentar o armazenamento de glicogênio muscular (RICHTER e HARGREAVES, 2013).

3.5 TREINAMENTO RESISTIDO E DIABETES TIPO 2

Baldi e Snowling (2003) investigaram se o treinamento resistido de intensidade moderada melhora o controle glicêmico em homens com DM2 obesos. Dezoito indivíduos foram designados num programa de 10 semanas de treinamento resistido, como resultado houve uma diminuição na glicemia de jejum e diminuições nos níveis de HbA1c. Os autores sugeriram que o treinamento resistido foi eficaz para o controle glicêmico em pacientes com DM2 obesos.

Canché e Gonzáles (2005) avaliaram dois grupos de adultos com DM2, grupo experimental (n = 14) e grupo controle (n = 11). O grupo experimental participou de um programa de treinamento resistido por um período de 12 semanas, com sessões de uma hora, duas vezes por semana. Como resultado, o grupo experimental apresentou decréscimo significativo de 2,45% nos níveis de HbA1c, aumento na força

muscular e fortalecimento muscular percebido. Os pesquisadores concluíram que este tipo de intervenção pode ajudar no controle glicêmico em adultos com DM2.

Estudo realizado por Geirsdottir *et al.*, (2012) avaliaram o efeito do treinamento resistido na composição corporal, força muscular e no metabolismo da glicose em indivíduos saudáveis, pré-diabéticos e em idosos com DM2. Todos os indivíduos foram submetidos ao treinamento de exercício resistido de 12 semanas (3vezes / semana; três séries, seis a oito repetições a 75% - 80% do máximo de uma repetição). Houve uma melhora significativa da glicose sérica apenas no grupo pré-diabético, já a glicose e o triacilglicerol melhoraram significativamente no grupo saudável, ao passo que nenhum parâmetro melhorou significativamente no grupo com DM2. Os pesquisadores concluíram que um programa de exercícios resistidos de 12 semanas melhorou a força muscular e a função muscular em idosos saudáveis, pré-diabéticos e com DM2. No entanto, os participantes com DM2 não tiveram mudanças favoráveis na glicemia de jejum e na HbA1c.

No estudo de Stuart *et al.*, (2017), homens pré-diabéticos obesos foram submetidos ao treinamento resistido durante um período de 16 semanas. Neste grupo houve a diminuição de gordura corporal e aumento de massa magra. Estendendo o treinamento de resistência de oito a dezesseis semanas, notou-se que não houve a perda de peso e melhora significativa na resposta à insulina. Conclui-se que o treinamento resistido em homens obesos pré-diabéticos foi eficaz na diminuição da gordura corporal e aumento de massa muscular, mas, na ausência de perda de peso, a capacidade de resposta à insulina do corpo não se alterou.

Estudo realizado por Know *et al.*, (2011) teve como objetivo investigar os efeitos de um programa de treinamento aeróbio e resistido sobre a função endotelial e as influências do controle glicêmico, das alterações do peso corporal e da capacidade aeróbia no DM2. Foram avaliadas 40 mulheres com sobrepeso e com DM2, estas foram divididas em 3 grupos: grupo de exercícios aeróbicos (n = 13), grupo de treinamento resistido (n=12), e grupo controle (n = 15). Foram realizadas sessões de 60 minutos por dia, 5 dias por semana durante um período de 12 semanas. Existiu diminuição dos níveis de HbA1 apenas no grupo de exercícios aeróbicos.

Tanto o treinamento aeróbico quanto o resistido, se mantidos por um período de vários meses, podem reduzir os níveis de HbA1c em indivíduos com diabetes tipo 2. Contudo, ainda não se sabe se os efeitos da glicose no sangue em curto prazo são semelhantes entre os dois tipos de exercícios. Bacchi *et al.*, (2012) fizeram um estudo cujo objetivo foi comparar a diferença na glicemia aguda depois de uma única sessão de exercício aeróbicos e resistidos. Tanto um tipo quanto o outro de treinamento reduziram de forma similar os níveis HbA1c. Contudo, os níveis de glicose foram menores no exercício aeróbico durante um período de 60 minutos de exercício.

Evidências demonstram que indivíduos com resistência à insulina melhoram a sua sensibilidade em 22% após a primeira sessão de exercício físico e em 42% após seis meses de treinamento, mostrando que o exercício físico apresenta tanto um efeito agudo quanto crônico. Tanto o exercício aeróbio como o exercício resistido têm demonstrado benefícios sobre a sensibilidade à insulina (CIOLAC e GUIMARÃES, 2004).

Trinta e dois pacientes com DM2, (13 homens e 19 mulheres; $64,8 \pm 7,8$ anos) foram aleatoriamente designados para um programa de treinamento resistido num período de 8 semanas, em que um grupo realizou os exercícios com maior intensidade ($n = 16$; 2 séries, 10 a 12 repetições, 70% do máximo de uma repetição (1-RM)) e o outro grupo com menor intensidade ($n = 16$, 25-30 repetições, 40% 1-RM). Além disso, todos os pacientes participaram de treinamento aeróbio (1 hora / dia no cicloergômetro; 70% da reserva de frequência cardíaca). Ambos os treinamentos foram acompanhados por uma redução significativa na circunferência da cintura, perda de peso. Além disso, depois de 8 semanas de treinamento houve reduções significativas na glicemia de jejum. Já os níveis de HbA1c permaneceram essencialmente inalterado, mas, com uma tendência de redução significativa no tempo de estudo em ambos os grupos. Não existiram diferenças significativas na circunferência da cintura, perda de peso entre os grupos, exceto para a glicose, em que os valores foram menores no treinamento com maior intensidade em relação ao treinamento com menor intensidade (EGGER *et al.*, 2012).

Togashi (2014) comparou os efeitos fisiológicos do treinamento em esteira e treinamento resistido, ambos na intensidade do limiar anaeróbio em indivíduos diabéticos do tipo 2, com ênfase na monitorização contínua da glicose. Um grupo foi

submetido durante 6 semanas de treinamento em esteira (18 sessões de 30 minutos) e outro grupo realizou 6 semanas de treinamento resistido. O autor encontrou diminuições significativas nas concentrações de glicemia de jejum após o treinamento em esteira, mas, não foram encontradas reduções significativas na curva da glicose monitorada continuamente nos dois grupos. TOGASHI (2014), concluiu que o treinamento em esteira demonstrou ser mais eficaz para o controle glicêmico em relação ao treinamento resistido.

O objetivo do estudo de Cuff et al., (2003) foi avaliar se um programa de treinamento resistido combinado com um programa de treinamento aeróbico melhoraria a sensibilidade à insulina em comparação com o treinamento aeróbico sozinho em mulheres pós-menopáusicas com diabetes tipo 2. Foram avaliadas 28 mulheres obesas na pós-menopausa com diabetes tipo 2, num período de 16 semanas. Os autores concluíram que a melhora da sensibilidade à insulina em mulheres pós-menopáusicas com diabetes tipo 2 está relacionada à diminuição de tecido adiposo abdominal subcutânea e visceral e ao aumento da densidade muscular, que foram observados na combinação do treinamento resistido com o treinamento aeróbico.

Balducci et al., (2010) realizaram um estudo que teve como objetivo avaliar a eficácia de uma estratégia de intervenção de exercício intensivo na promoção atividade física e melhorar os níveis de HbA1c e outros fatores de risco cardiovascular modificáveis em pacientes com DM2. Foram avaliados 691 pacientes sedentários com DM2 e com síndrome metabólica duas vezes por semana realizando treinamento combinado (aeróbico e resistido) por 9 meses. A estratégia de intervenção do exercício adotada foi eficaz na promoção da atividade física e na melhoria dos níveis de HbA1c (HbA1c: (-0,30% [-0,49% para -0,10%]).

Church et al., (2010) avaliaram os benefícios do treinamento aeróbico, do treinamento de resistência e uma combinação de ambos, durante um período de 9 meses na hemoglobina glicada (HbA1c) em indivíduos com DM2. Foram avaliados 262 pacientes sedentários, entre homens e mulheres com diabetes tipo 2 e níveis de HbA1c de 6,5% ou mais. Estes indivíduos foram divididos nos seguintes grupos: Grupo controle (n= 41), grupo de treinamento resistido (n= 73, treinamento resistido, 3 vezes por semana), grupo de exercício aeróbico (n= 72, gastaram 12 kcal / kg por

semana) e grupo de exercício combinado (n= 76, gastaram 10 kcal / kg por semana e realizaram treinamento resistido 2 vezes por semana). Como resultado, em comparação com o grupo controle, as alterações médias na HbA1c não foram estatisticamente significativas no treinamento resistido e no treinamento aeróbico. Apenas no grupo de exercícios combinados existiu melhora no consumo máximo de oxigênio comparado com o grupo controle. Todos os grupos de exercício reduziram a circunferência da cintura em relação ao grupo controle. Tanto o grupo de treinamento resistido, quanto o grupo de treinamento combinado perderam uma média de 1,4-1,7 kg de gordura corporal, respectivamente, em comparação com o grupo controle. Os pesquisadores concluíram que a combinação de treino aeróbico e resistido melhoraram os níveis de HbA1c em comparação com o grupo controle, ainda que não conseguiram o mesmo resultado realizando apenas o treinamento aeróbico ou resistido isoladamente.

Jorge et al., (2011) compararam os efeitos de três diferentes modalidades de exercício no controle metabólico, resistência à insulina, marcadores inflamatórios, adipocitocinas e expressão tecidual do substrato receptor de insulina (IRS) -1 após 12 semanas de treinamento em pacientes com DM2. Quarenta e oito pacientes com DM2 foram divididos aleatoriamente em 4 grupos de treinamento (3 vezes por semana, 60 minutos por sessão): grupo aeróbico (n = 12), grupo de resistência (n = 12), grupo combinado (aeróbico e resistência, n = 12) e grupo controle (n = 12). Todos os 4 grupos apresentaram diminuição da pressão arterial, glicose plasmática em jejum, glicose plasmática pós-prandial, perfil lipídico, e não houve diferença entre os grupos. Após o treinamento, a expressão do IRS-1 aumentou em 65% no grupo de resistência (P <0,05) e em 90% no grupo combinado (P <0,01). O treinamento físico influenciou favoravelmente os parâmetros glicêmicos, o perfil lipídico, a pressão arterial e a proteína C reativa. Além disso, resistência e treinamento combinado podem aumentar a expressão do IRS-1.

Moro et al., (2012) compararam o efeito de duas modalidades de exercícios (aeróbico e combinado) no controle glicêmico após 20 semanas de treinamento em pacientes com DM2. Foram avaliados 24 indivíduos, de ambos os gêneros, sedentários e com média de idade de $60,41 \pm 7,87$. Os participantes foram divididos aleatoriamente em dois grupos: treinamento combinado (n = 12), que consistia em exercício resistido e aeróbico e treinamento aeróbico (n = 12), que foi utilizado o

treinamento de caminhada contínua. No final do estudo, a média da glicose em jejum do treinamento combinado e aeróbio reduziu significativamente, de $167,41 \pm 38,13$ para $119,83 \pm 20,91$, e de $189,83 \pm 63,57$ para $139,91 \pm 34,04$, respectivamente. Além disso, os valores de HbA1c no treinamento combinado reduziu de $8,61 \pm 1,17$ para $7,25 \pm 1,24$ e no treinamento aeróbio de $9,52 \pm 2,46$ para $8,37 \pm 1,50$. Os autores concluíram que o treinamento combinado foi mais eficaz em relação à hemoglobina glicosilada e o treinamento aeróbio foi mais eficaz na glicose plasmática.

Fealy et al., (2018) recrutaram 13 adultos com sobrepeso / obesos com DM2 para participar de um programa de treinamento funcional de alta intensidade, que integra treinamento aeróbio e resistido, em conjunto, por 6 semanas (3 dias por semana). O programa reduziu significativamente a massa gorda e também aumentou a sensibilidade à insulina.

4 CONCLUSÕES

Ainda que o treinamento resistido mostre-se importante para indivíduos com DM2, devido ao aumento de massa muscular, aumento de força muscular e diminuição de gordura corporal nesses indivíduos, a maioria dos estudos mostrou que o exercício físico resistido realizado de forma isolada não melhora de forma significativa alguns indicadores do controle glicêmico tais como: hemoglobina glicada e glicose em jejum.

Muitos autores sugerem programas de treinamento que combinam as duas modalidades (treinamento aeróbico e resistido), pois eles combinam diferentes mecanismos de ação e alguns dos estudos mostraram que um programa combinado tem maior potencial para reduzir a resistência à insulina em relação aos exercícios resistidos realizados de forma isolada.

REFERÊNCIAS

American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes-2018. Diabetes Care 2018.

BACCHI, E., NEGRI, C., TROMBETTA, M., ZANOLIN, M.E., LANZA, M., BONORA, E., MOGHETTI, P. **Differences in the Acute Effects of Aerobic and Resistance Exercise in Subjects with Type 2 Diabetes: Results from the RAED2 Randomized Trial.** Public Library of Science, v.7, December 2012.

BALDI, J.C., SNOWLING, N. **Resistance training improves glycaemic control in obese type 2 diabetic men.** Int J Sports Med 24(6):419–423, 2003.

BALDUCCI, S. ZANUSO, S., NICOLUCCI, A., DEFEO, P., CAVALLO, S., CARDELLI, P., FALLUCCA, S., ALESSI, E., FALLUCCA, F., PUGLIESE, G. **Effect of an intensive exercise intervention strategy on modifiable cardiovascular risk factors in subjects with type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled trial: the Italian Diabetes and Exercise Study (IDES).** Arch Intern Med 170(20):1794–1803, 2010.

CANCHE, K. A. M., GONZALEZ, B. C. S. **Exercício de resistência muscular em adultos com diabetes mellitus tipo 2.** Revista Latino – Americana de Enfermagem. v. 13, n. 1. 2005.

CAVALHEIRA, J.B.C., ZECCHIN, H. G., SAAD, M.J.A. **Vias de Sinalização da Insulina.** ArqBrasEndocrinolMetab2002;46(4):419-425.

CIOLAC, E. G., GUIMARÃES, G.V. **Exercício físico e síndrome metabólica.** Rev Bras Med Esporte _ Vol. 10, Nº 4 – Jul/Ago, 2004

CHURCH, T. S., BLAIR, S.N., COCREHAM, S., JOHANNSEN, N., KRAMER, K., MIKUS, C.R., MYERS, V., NAUTA, M., RODARTE, R. Q., SPARKS, L., THOMPSON, A., EARNEST, C.P. **Effects of Aerobic and Resistance Training on Hemoglobin A1c Levels in Patients With Type 2 Diabetes. A Randomized Controlled Trial.** JAMA, November 24, 2010—Vol 304, No. 20.

CUFF, J.D., MENEILLY, G., MARTIN, A., SZEWSKI, A.I., TILDESLEY, H. D., FROHLICH, J.J. **Effective Exercise Modality to Reduce Insulin Resistance in Women With Type 2 Diabetes.** DIABETES CARE, VOLUME 26, NUMBER 11, NOVEMBER 2003

Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes 2017-2018. São Paulo: Editora Clannad, 2017.

EGGER, A., NIEDERSEER, D., DIEM, G., FINKENZELLER, T., KURKOWSKI, L., FORSTNER, R., PIRICH, C., PATSCH, W., WEITGASSER, R., NIEBAUER, J. **Different types of resistance training in type 2 diabetes mellitus: effects on glycaemic control, muscle mass and Strength.** *European Journal of Preventive Cardiology* published online 25 May 2012.

FEALY, C.E., NIEUWOUDT, S., FOUCHER, J.A., SCELSE, A.R., MALIN, S.K., PAGADALA, M., CRUZ, L.A., LI, M., ROCCO, M., BURGUERA, B., KIRWAN, J. **Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes.** *Experimental Physiology*.2018;103:985–994. wileyonlinelibrary.com/journal/eph

GEIRSDOTTIR, O.G., ARNARSON, A., BRIEM, K., RAMEL, A., JONSSON, P.V., THORSDDOTTIR, I. **Effect of 12-Week Resistance Exercise Program on Body Composition, Muscle Strength, Physical Function, and Glucose Metabolism in Healthy, Insulin-Resistant, and Diabetic Elderly Icelanders.** *Journals of Gerontology: Medical Sciences* Cite journal as: *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2012 November;67(11):1259–1265.

JORGE, M.L.M.P., DE OLIVEIRA, V.N., RESENDE, N.M., PARAISO, L.F, CALIXTO, A., DINIZ, A.L.D, RESENDE, E.S., ROPELLE, E.R., CARVALHEIRA, J.B., ESPINDOLA, F.S., JORGE, P.T., GELONEZE, B. **The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus.** *Metab Clin Exp* 60(9):1244–1252, 2011.

KWON, H.R., MIN, K.W., AHN, H.J., SEOK, H.G., LEE, J.H., PARK, G.S., HAN, K.A. **Effects of aerobic exercise vs. resistance training on endothelial function in women with type 2 diabetes mellitus.** *Diabetes Metab J* 35(4):364–373, 2011.

MCGINLEY, S. K., ARMSTRONG, M.J., BOULE, N.G., SIGAL, R.J. **Effects of exercise training using resistance bands on glycaemic control and strength in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of randomised controlled trials.** *Acta Diabetologica*. Apr2015, Vol. 52 Issue 2, p221-230. 10p.

MORO, A.R.P., IOP, R. R., SILVA, F.C., FILHO, P.J.B.G. **Efeito do treinamento combinado e aeróbio no controle glicêmico no diabetes tipo 2.** *Fisioter. Mov.*, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 399-409, abr./jun. 2012

PADUA, M.F., PADUA, T.F., PAULI, J.R., SOUZA, C.T., ROPELLE, E.C.C. **Physical exercise decreases fasting hyperglycemia in diabetic mice through AMPK activation.** *Ver Bras Med Esporte*. 2009; 15(3):179-84.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho.** 6ª edição. Barueri- São Paulo: Manole, 2009. 646p.

RICHTER, E.A., HARGREAVES, M. **EXERCISE, Glut 4, and Skeletal muscle glucose uptake.** *PhysiolRev*93: 993–1017, 2013

SILVEIRA, L.R., PINHEIRO, C.H.J., ZOPPI, C.C., HIBARARA, S.M., VITZEL, K.F., BASSIT, R.A. **Regulação do metabolismo de glicose e ácido graxo no músculo esquelético durante exercício físico.** *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2011;55(5):303-13.

STUART, C. A.; M. L. LEE, M. A. SOUTH, M. E. A. HOWELL., STONE, M. H. **Muscle hypertrophy in prediabetic men after 16 week of resistance training.** J. Appl. Physiol, 2017.

TOGASHI, G.B. **Comparação dos efeitos fisiológicos do treinamento em esteira e resistido na intensidade do limiar anaeróbio em indivíduos diabéticos tipo 2, com ênfase na monitorização contínua de glicose.** 2014. 119 f. Tese de doutorado em Bioengenharia- USP; São Carlos.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L.; KENNEY, W. LARRY. **Fisiologia do esporte e do exercício.** Barueri, SP, Manole, 2010, 4 edição.