

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA

Lisiane Ramos Goulart

EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA NO CONTROLE GLICÊMICO EM
DIABÉTICOS TIPO 2

Porto Alegre
2016

Lisiane Ramos Goulart

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA NO CONTROLE GLICÊMICO EM
DIABÉTICOS TIPO 2**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore

Porto Alegre
2016

Lisiane Ramos Goulart

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA NO CONTROLE GLICÊMICO EM
DIABÉTICOS TIPO 2**

Conceito Final:

Aprovado em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ - UFRGS.

Orientador – Prof. Dr. Eduardo Lusa Cadore – UFRGS

RESUMO

O envelhecimento da população, o sedentarismo, a má alimentação e os efeitos da modernização do estilo de vida, tem levado a um aumento dramático na prevalência de *Diabetes Mellitus* tipo 2 em todo o mundo. O exercício físico é um dos melhores tipos de tratamentos não farmacológicos para prevenir e controlar o diabetes tipo 2, sendo recomendado por importantes associações médicas, como American College of Sports Medicine e a American Diabetes Association, entretanto o treinamento de força vem ganhando destaque, já que seus benefícios vão além da melhora da glicemia. Na literatura diversos estudos têm apresentado melhoras significativas no controle glicêmico, aumento de força e melhora na capacidade funcional em indivíduos idosos diabéticos tipo 2 que realizaram protocolos de treinamento de força. Portanto, este estudo de revisão tem como objetivo analisar e fornecer informações sobre os efeitos do treinamento de força no controle glicêmico em sujeitos idosos diabéticos tipo 2, descrevendo os efeitos benéficos dessas intervenções nos aspectos neuromusculares e funcionais desses indivíduos. Verificando também se existem relações no aumento de massa muscular e de força, e diminuição de gordura corporal, com as melhoras encontradas no controle glicêmico.

Palavras-chaves: Diabetes. Diabetes em idosos. Exercício. Diabetes e exercício. Treinamento de força em idosos.

ABSTRACT

Population aging, sedentary lifestyle, poor diet and the effects of lifestyle modernization have led to a dramatic increase in the prevalence of Type 2 Diabetes Mellitus worldwide. Physical exercise is one of the best types of non-pharmacological treatments to prevent and control type 2 diabetes and is recommended by leading medical associations such as the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association. That its benefits go beyond improving blood glucose levels. In the literature, several studies have shown significant improvements in glycemic control, increased strength and improved functional capacity in elderly individuals with type 2 diabetes who performed strength training protocols. Therefore, this review study aims to analyze and provide information on the effects of strength training on glycemic control in elderly diabetic type 2 patients, describing the beneficial effects of these interventions on the neuromuscular and functional aspects of these individuals. Also checking if there are relationships in the increase of muscle mass and strength, and decrease of body fat, with the improvements found in glycemic control.

Keywords: Diabetes. Diabetes in elderly. Exercise. Diabetes and exercise. Strength training in the elderly.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo de alguns estudos que investigaram o treinamento de força em idosos com diabetes tipo 2.	19
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	ESTRATÉGIA DE BUSCA	12
3	RESULTADOS	13
3.1	EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA NO CONTROLE GLICÊMICO EM DIABÉTICOS TIPO 2	13
3.2	BENEFÍCIOS NEUROMUSCULARES E FUNCIONAIS DO TF NO DIABETES TIPO 2.....	22
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que diferente dos tempos antigos, o homem tornou-se muito sedentário e dificilmente pratica exercícios físicos, além disso, possui uma má alimentação resultando em doenças crônicas como o Diabetes Mellitus. As sociedades abandonaram o estilo de vida tradicional, que incluía uma rotina de vida com uma quantidade maior de atividade física, como realizar mais trajetos a pé, alimentação menos industrializada e mais atividades de lazer. Com isso, o estilo de vida sedentário contribuiu para o aumento do diabetes (MARTINS, 2000). De acordo com o International Diabetes Federation, a diabetes tipo 2 já afeta cerca de 415 milhões de pessoas em todo o mundo. A estimativa é de que até 2040, esse número aumente para 642 milhões de pessoas. No Brasil, uma Pesquisa Nacional de Saúde, realizada pelo Ministério da Saúde em parceria com o IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), mostrou que o diabetes tipo 2 atinge 9 milhões de brasileiros, o que corresponde a 6,2% da população adulta. Os percentuais de prevalência da doença por faixa etária são: 0,6% entre 18 a 29 anos; 5% de 30 a 59 anos; 14,5% entre 60 e 64 anos e 19,9% entre 65 e 74 anos. Para aqueles que tinham 75 anos ou mais de idade, o percentual foi de 19,6%.

O diabetes é caracterizado como uma síndrome do metabolismo, que leva ao aumento da glicose (açúcar) no sangue, devido à falta ou ineficiência da insulina (hormônio produzido pelo pâncreas endócrino). A glicose em indivíduos saudáveis é convertida em energia para utilização imediata, ou armazenagem futura. Quando se tem diabetes isso não ocorre. Assim, o diabetes afeta o modo pelo qual o organismo utiliza a glicose e esta é conduzida pelo sangue até as células, sendo introduzida no seu interior através da insulina. A glicose então é convertida em energia para a utilização imediata, ou armazenagem futura. Em sujeitos diabéticos isso não ocorre e a glicose é acumulada no sangue (MARTINS, 2000; CHIAPPA *et al.*, 2002; GUYTON *et al.*, 1998). Os sintomas que são observados em pessoas com níveis altos ou mal controlados de glicose no sangue são: muita sede, vontade de urinar diversas vezes, perda de peso (mesmo sentindo mais fome e comendo mais do que o habitual), fome exagerada, visão embaçada, infecções repetidas na pele ou mucosas, machucados que demoram para cicatrizar, fadiga (cansaço inexplicável), dores nas pernas por causa da má circulação. Entretanto, em alguns casos não há

sintomas, isso ocorre em maior frequência em diabetes do tipo 2 (FERREIRA *et al.*, 1995; LYRA *et al.*, 2006; CHIAPPA *et al.*, 2002).

O diagnóstico é identificado a partir da alta dosagem de glicose no sangue e por testes laboratoriais. O nível de glicemia em jejum, pela manhã é normalmente de 80 a 90 mg/dl, sendo o valor de 110mg/dl considerado o limite superior de normalidade. Níveis de glicemia em jejum, acima desses valores indicam frequentemente, a presença de diabetes *mellitus* (GUYTON *et al.*, 1998).

O diabetes é classificado em tipo 1 e tipo 2. O diabetes tipo 1, ocorre tipicamente em indivíduos mais jovens. Essa forma de diabetes representa uma resposta autoimune, possivelmente em virtude de uma única proteína que torna as células beta incapazes de produzir insulina. Já a diabetes tipo 2, é diagnosticada geralmente após os 30 anos de idade, e corresponde cerca de 90% dos diabéticos encontrados. A obesidade, particularmente a distribuição da gordura nos segmentos corporais superiores, e a inatividade física representam os principais riscos para diabetes tipo 2 em adultos e crianças. Três são os fatores que podem produzir os altos níveis sanguíneos de diabetes tipo 2: insulina insuficiente produzida pelo pâncreas para controlar o açúcar sanguíneo (deficiência relativa a insulina); efeitos reduzidos da insulina sobre o tecido periférico (resistência à insulina); efeito combinado dos fatores 1 e 2 (McDARLE *et al.*, 2008; CHIAPPA *et al.*, 2002; GUYTON *et al.*, 1998).

Diversas são as consequências ocasionadas em indivíduos portadores de diabetes, essa que é uma doença grave, crônica e associada com hiperglicemia, obesidade, e a síndrome metabólica. A hiperglicemia e a obesidade, prejudicam a secreção da insulina e/ou captação de glicose, provocando a resistência à insulina e, portanto, aumentando ainda mais os malefícios causados por essa patogênese. A hiperinsulinemia e a resistência à insulina estão associadas com várias mudanças aterogênicas que aumentam o risco de desenvolvimento de doença cardíaca coronária. Essas doenças incluem dislipidemias, particularmente anormalidades no colesterol total com níveis elevados de colesterol lipoproteína de baixa densidade (LDL) e triglicerídeos; obesidade; e hipertensão (CAUZA *et al.*, 2005). Estas anormalidades contribuem para o risco de complicações micro e macro vasculares, além de complicações como neuropatia periférica, retinopatia, insuficiência renal crônica e saúde mental prejudicada (BALDUCCI *et al.*, 2004; FIGUEIRA *et al.*, 2014; CADORE *et al.*, 2015).

Sabe-se que a prevalência de diabetes tipo 2 aumenta com a idade e a obesidade (DUNSTAN *et al.*, 2002), e que o envelhecimento está associado com a perda progressiva de massa muscular (sarcopenia), resultando em uma redução na força do músculo e um pobre controle metabólico (EVANS *et al.*, 1995). Com essa diminuição de força muscular, idosos com diabetes tipo 2 tem de duas a três vezes maior risco de deficiência física (PARK *et al.*, 2007). Além disso, a diminuição da força muscular, está associada a uma má função física em homens e mulheres mais velhos, incapacitando para as suas atividades de vida diária (VISSER *et al.*, 2000 *apud* PARK *et al.*, 2006). Em estudo de Park *et al.* (2006), investigando a diminuição da força e qualidade muscular em idosos com diabetes tipo 2, foram avaliados o aperto de mão, força de extensão de joelho e qualidade muscular em 2.618 participantes, incluindo 485 com diabetes tipo 2 e 2.113 sem diabetes. Os resultados em alguns pontos foram surpreendentes, os homens mais velhos com diabetes tiveram maior massa muscular nos músculos dos membros superiores e inferiores, comparado com aqueles sem diabetes, isso porque o peso corporal, IMC e gordura corporal total também foi mais elevado nesses indivíduos. Entretanto, a força muscular foi menor em homens com diabetes tipo 2 e igual em mulheres diabéticas tipo 2, quando comparados com os indivíduos não portadores. Analisando a qualidade muscular, definida como a força muscular por região de massa muscular, foi significativamente menor em homens e mulheres com diabetes nos membros superiores e inferiores. Além disso, a longa duração de diabetes (≥ 6 anos) e um mau controle glicêmico ($HbA1c > 8.0\%$) foram associados com a diminuição mais acentuada da qualidade muscular (PARK *et al.*, 2006). Todas essas características encontradas neste estudo, podem contribuir para o desenvolvimento da incapacidade física em adultos idosos com diabetes tipo 2.

Para a melhora da saúde, da qualidade de vida, do controle e da prevenção de *diabetes mellitus* em indivíduos idosos, algumas intervenções não farmacológicas também devem ser realizadas, como a inclusão de exercícios físicos juntamente com uma dieta adequada (SILVA *et al.*, 2002; ASANO *et al.*, 2014). Vários estudos têm mostrado a eficácia de programas de exercício no controle do diabetes, sendo sugerido como um dos melhores tipos de tratamentos não farmacológicos para a população em questão (BASSUK *et al.*, 2005 *apud* ASANO *et al.*, 2014). Os exercícios regulares aceleram as adaptações metabólicas e hormonais que aparecem no início do exercício físico e contribuem para reduzir as necessidades da

insulina, também aumentam a sensibilidade à insulina de forma semelhante ao indivíduo saudável, por um aumento significativo dos receptores de insulina, proporcional à melhora da aptidão física (HALPERN *et al.*, 2004).

Os benefícios do exercício físico para o diabético podem ser imediatos e tardios, pode-se citar: aumento da ação da insulina; aumento da captação da glicose pelo músculo; captação da glicose no período pós-exercícios; diminuição da glicose sanguínea; aumento da sensibilidade celular à insulina; incremento das funções cardiorrespiratórias; incremento da força e da resistência; diminuição da gordura corporal; redução dos fatores de risco de doenças coronarianas; decréscimo da ansiedade e depressão, redução da perda da massa óssea (osteoporose) (CAUZA *et al.*, 2005; BALDUCCI *et al.*, 2012; IBAÑEZ *et al.*, 2008); aumenta o fluxo sanguíneo muscular e a circulação de membros inferiores; contribui na redução de peso, bem como na manutenção do peso normal e da massa muscular, se o exercício for associado a uma dieta hipocalórica; além de outros benefícios (SABIA *et al.*, 2004; CANCELLIERI *et al.*, 1999).

Com base em evidências apresentadas em diversos estudos, a declaração de posição conjunta do American College of Sports Medicine (ACSM) e da American Diabetes Association (ADA), recomenda que os indivíduos com diabetes tipo 2 devem realizar pelo menos 150 minutos/semana de intensidade moderada a vigorosa de exercício aeróbico, e treinamento de força de intensidade moderada a vigorosa, pelo menos 2-3 dias/semana. Além disso, é recomendado que o treinamento seja sob a supervisão de profissionais de Educação Física ou profissionais da área esportiva, incentivando assim o indivíduo a realizar um aumento de intensidade da atividade com segurança (BALDUCCI *et al.*, 2012).

Tradicionalmente o que mais encontra-se nas recomendações de atividade física para indivíduos diabéticos tipo 2 são programas de exercícios aeróbios, e esses estão associados com a perda de peso, melhora da tolerância a glicose e do sistema cardiovascular (TESSIER *et al.*, 2000). Entretanto o papel do treinamento de força tem aumentado a sua atenção já que além de seu efeito importante no controle da glicemia, o treinamento de força é uma intervenção muito importante porque neutraliza a perda exacerbada da força muscular, de massa muscular e capacidade funcional observada em pacientes idosos (CASTANEDA *et al.*, 2002 ; DUNSTAN *et al.*, 2002; BROOKS *et al.*, 2007; IBAÑEZ *et al.*, 2008; GEIRSDOTTIR *et al.*, 2012). Assim, para otimizar a prescrição do exercício em idosos com diabetes

tipo 2, parece razoável a inclusão do treinamento de força identificando a intensidade e o volume mais eficaz e seguro de treinamento para a melhora da capacidade funcional, aumento de força, manutenção/aumento de massa muscular, diminuição de gordura corporal e melhora do controle glicêmico em populações idosas com esta doença.

Portanto, esta revisão tem como objetivo fornecer informações sobre os efeitos do treinamento de força no controle glicêmico em diabéticos tipo 2, analisando o protocolo de treinamento de diversos estudos e descrevendo os efeitos benéficos dessas intervenções nos parâmetros neuromusculares e funcionais e no controle glicêmico, dos pacientes que convivem com o *diabetes mellitus*. Além disso, o objetivo dessa revisão é relacionar também o aumento de massa muscular e de força, e a diminuição da gordura corporal com as melhoras encontradas no controle glicêmico.

2 ESTRATÉGIA DE BUSCA

O método utilizado no presente estudo foi uma revisão da literatura. Como critérios de inclusão e busca de artigos científicos, o termo de pesquisa incluiu diversas combinações de “exercício e diabetes em idosos” utilizando as seguintes palavras-chave: diabetes e exercício; diabetes e treinamento de força; diabetes e treinamento resistido; diabetes e efeito agudo do exercício físico; treinamento de força e resistência em idosos; sarcopenia e diabetes; obesidade e diabetes, nas bases de dados PubMed, SciELO e MEDLINE. Os nomes de autores citados em alguns estudos também foram utilizados na pesquisa.

3 RESULTADOS

3.1 EFEITOS DO TREINAMENTO DE FORÇA NO CONTROLE GLICÊMICO EM DIABÉTICOS TIPO 2

Diversos estudos tem demonstrado a eficácia do treinamento de força no controle glicêmico de indivíduos com diabetes tipo 2. Em estudo de Brooks *et al.* (2007) investigando homens com idade superior a 55 anos com diabetes tipo 2, foram investigados os efeitos metabólicos de 16 semanas de treinamento de força realizado 3 vezes por semana. Esses autores utilizaram um volume de 3 séries de 8 repetições em 5 exercícios realizados em máquinas, com intensidade variando entre 60 e 80 % de 1 RM, de acordo com a progressão do treinamento e demonstraram que houve uma redução de 1% na Hba1c e de 0,7% na HOMA IR. Entretanto a glicose e a insulina em jejum não tiveram diferenças significativas. Em outro estudo, Ibañez *et al.* (2005), investigando idosos diabéticos do tipo 2, testaram uma intervenção de 16 semanas de TF realizado 2 vezes por semana de forma explosiva. Esses autores utilizaram 8 exercícios realizados em máquinas em seu protocolo, e nas primeiras 8 semanas utilizaram 3 a 4 séries de 10 a 15 repetições a 50- 70% de 1RM, passando a 3 - 5 séries de 5 a 6 repetições a 70 - 80% de 1RM nas últimas 8 semanas, e nas 8 e 16 semanas de intervenção houve uma redução para 30 - 50% de 1RM, com a 3 - 4 séries de 6 a 8 repetições, todas realizadas em velocidade máxima, priorizando a realização explosiva do movimento. Foi demonstrada uma melhora na sensibilidade a insulina de 46,3%, e uma redução na glicemia de jejum de 7,1%, porém não houve uma diferença significativa na HbA1c. Contudo, esses autores observaram uma redução na gordura visceral, uma das causas do diabetes tipo 2, de 10,3%.

Analisando o treinamento de força em alta intensidade, Dunstan *et al.* (2002) em seu estudo, investigou 36 sujeitos, com idade entre 60 e 80 anos, e examinou os efeitos deste método de treinamento juntamente com uma dieta para perda de peso moderada, no controle glicêmico e na composição corporal em diabéticos tipo 2. Os autores realizaram uma intervenção de 24 semanas, onde os sujeitos foram divididos em dois grupos: grupo RT & WL (treinamento de força de alta intensidade e dieta) e grupo WL (treinamento de flexibilidade e dieta), ambos realizando o treinamento 3 vezes por semana. Para o grupo de treinamento de força foi utilizado

um volume de 3 séries de 8 a 10 repetições com 90 a 120 segundos de intervalo. A intensidade durante as duas primeiras semanas foi de 50- 60% de 1RM, progredindo para 75- 80% de 1RM. Os exercícios eram dinâmicos com contrações excêntricas e concêntricas, totalizando um treinamento de aproximadamente uma hora. Já o grupo de flexibilidade, os sujeitos realizaram 5 minutos de atividade na bicicleta ergométrica sem carga, seguido de uma série de alongamentos estáticos, totalizando uma sessão de 30 minutos. Os achados deste estudo demonstraram uma redução significativa de 1,2% na HbA1c, no entanto para HOMA IR, insulina e glicemia em jejum não houve diferenças significativas.

Cauza *et al.* (2005) em seu estudo, investigando 43 sujeitos, com idade superior a 57 anos com diabetes tipo 2, realizaram uma intervenção de 16 semanas. Neste estudo os sujeitos foram divididos em grupo de treinamento de força e grupo de treinamento de aeróbio, ambos realizados 3 vezes por semana. Esses autores para o grupo de treinamento de força, utilizaram um volume de 3 séries de 10 a 15 repetições até a falha concêntrica, em 10 exercícios divididos por grupos musculares. Já para o grupo de treinamento de aeróbio, o treinamento foi realizado em uma bicicleta ergométrica, iniciando com um volume de 15 minutos nas primeiras quatro semanas e progredindo para 30 minutos por sessão nas últimas quatro semanas. Foi demonstrado melhoras significativas na insulina e glicemia em jejum, com uma redução de 9,5% e 27%, respectivamente, comparando o treinamento de força com o treinamento de aeróbio, além de uma redução de 1,2% na HbA1c e 2% na HOMA IR. Outros fatores importantes também tiveram redução após o treinamento de força, como o colesterol total e os triglicerídeos, que tiveram uma redução de 11,2% e de 35% respectivamente.

Em outro estudo, Bacchi *et al.* (2012) investigou os efeitos metabólicos do treinamento de força e do treinamento aeróbio em indivíduos diabéticos tipo 2. Esses autores também realizaram uma intervenção de 16 semanas, realizando ambos os treinamentos dos dois grupos 3 vezes por semana. Para o grupo de treinamento aeróbio foi realizado um volume de 60 minutos por sessão em equipamentos para treinamento cardiovascular, a carga de trabalho foi aumentada gradualmente até alcançar 60 - 65% da frequência cardíaca de reserva. Para o grupo de treinamento de força foi utilizado um volume de 3 séries de 10 repetições, os exercícios foram realizados em diferentes equipamentos de musculação e pesos livres, sempre alternando membros inferiores com superiores. A carga de trabalho foi

aumentando gradualmente até atingir 70 - 80% de 1RM. Em ambos os grupos houve melhoras significativas e semelhantes no controle glicêmico. No grupo de treinamento de força foi observada uma redução de 0,35% na HbA1c e um aumento de 15% na sensibilidade a insulina, além de uma diminuição da gordura visceral de 33,5cm².

Ainda analisando os efeitos do treinamento de força e aeróbio no controle glicêmico de diabéticos tipo 2, Sigal *et al.* (2007), em um estudo com 251 sujeitos, com idade superior a 55 anos, divididos em 4 grupos de: treinamento aeróbio, treinamento de força, treinamento combinado e grupo controle, investigou os efeitos metabólicos de 26 semanas de ambos os treinamentos, 3 vezes por semana. O grupo de treinamento aeróbio realizou sua sessão de treinamento em uma esteira ou bicicleta ergométrica, iniciando com um volume de 15 minutos por sessão e progredindo para 45 minutos por sessão com intensidade de 60 - 75% da frequência cardíaca máxima. Para o grupo de treinamento de força estes autores utilizaram um volume de 2 a 3 séries de 7 a 9 repetições, em exercícios diferentes realizados em equipamentos de musculação e pesos livres. Já o grupo de treinamento combinado foi encorajado a realizar o treinamento aeróbio e o treinamento de força de forma completa. Em ambos os grupos de treinamento isolado houve uma melhora significativa em relação ao grupo controle. O grupo de treinamento de força apresentou uma redução de 0,38% na HbA1c, porém ao comparar o treinamento de força com o treinamento combinado, este apresentou uma redução de 0,59% na HbA1c, mostrando-se mais eficaz na melhora do controle glicêmico.

Diversos estudos têm demonstrado que o treinamento de força exerce efeitos benéficos no controle glicêmico em indivíduos idosos diabéticos tipo 2 (DUNSTAN *et al.*, 2002; IBAÑEZ *et al.*, 2005; CAUZA *et al.*, 2005; BROOKS *et al.*, 2007; SIGAL *et al.*, 2007; BACCHI *et al.*, 2012; BALDUCCI *et al.*, 2012). Os mecanismos relacionados com estas melhoras no metabolismo da glicose incluem o seguinte: redução dos níveis de gordura visceral (DUNSTAN *et al.*, 2002; IBAÑEZ *et al.*, 2005; CAUZA *et al.*, 2005; SIGAL *et al.*, 2007; DANILO *et al.*, 2012; BACCHI *et al.*, 2012), de acordo com Carvalho *et al.* (2006), a obesidade central ou abdominal é a principal causa de resistência a insulina; aumento de massa muscular (DUNSTAN *et al.*, 2002; CAUZA *et al.*, 2005; IBAÑEZ *et al.*, 2005; BROOKS *et al.*, 2007; SIGAL *et al.*, 2007; PARK *et al.*, 2007; MAVROS *et al.*, 2013), já que o tecido muscular

esquelético é o principal local de absorção de glicose, sendo influenciado fortemente pela resistência à insulina (CAUZA *et al.*, 2005); aumento da capilarização do músculo esquelético e do fluxo sanguíneo, reforçando a capacidade de armazenamento de glicose disponível, facilitando assim a eliminação de glicose a partir da circulação (CAUZA *et al.*, 2005; CADORE *et al.*, 2015); aumento da concentração de GLUT 4 na membrana da célula do músculo independentemente da via da insulina (ASANO *et al.*, 2014); aumento da sensibilidade à insulina (CADORE *et al.*, 2015).

Por outro lado, apesar dos conhecidos benefícios demonstrados em alguns estudos, existem estudos que não demonstram mudanças no controle glicêmico de indivíduos com diabetes tipo 2 submetidos ao TF. Em estudo de Mavros *et al.* (2013), foram investigados os efeitos de 48 semanas de TF realizado 3 vezes por semana em 103 sujeitos, divididos em grupo intervenção e grupo controle. Utilizando um protocolo de 3 séries de 8 repetições a 80% de 1 RM por exercício, o qual executou-se a fase concêntrica de forma explosiva, não foram demonstrados modificações significativas na HbA1c e HOMA IR. Entretanto o estudo demonstrou uma forte correlação entre os sujeitos que tiveram um aumento de massa muscular ($r=0,38$), diminuição de gordura total ($r=0,42$) e gordura visceral ($r=0,31$) com a diminuição da HOMA IR e HbA1c.

Hazley *et al.* (2011) em seu estudo, analisando os impactos do treinamento de força de intensidade moderada e curto prazo nos fatores de riscos metabólicos em diabéticos tipo 2, também não demonstraram mudanças significativas no controle glicêmico. Neste estudo foram investigados 8 semanas de TF realizado 2 vezes por semana em 12 sujeitos, divididos em grupo intervenção e grupo controle. Estes autores utilizaram um protocolo de treinamento realizando 9 exercícios para diferentes grupos musculares em equipamentos de musculação. Na primeira semana foi realizado 1 série de 15 repetições com intensidade de 50% de 1RM. Nas semanas seguintes houve uma progressão para 2 séries de 15 repetições, com 30 segundos de intervalo e intensidade de 60% de 1RM. Para todos os fatores de riscos metabólicos analisados, nenhum apresentou melhoras significativas. Em outro estudo, Danilo *et al.* (2012), investigando os efeitos do treinamento resistido em 8 mulheres diabéticas tipo 2, testaram uma intervenção de 8 semanas de TF realizado 3 vezes na semana. Estes autores realizaram o treinamento em forma de circuito e em sequência alternada (membros inferiores e superiores), constituído de 30

segundos de atividade com uma carga préestabelecida individualmente (teste de repetição máxima), e 30 segundos de intervalo, destinado a troca de aparelho. Foram realizados três circuitos, separados por 2 minutos de intervalo entre um e outro. Após as 8 semanas de intervenção, os autores observaram que não houve melhoras na glicemia em jejum nestas mulheres que realizaram o TF.

Estudos de Brooks *et al.* (2007) e Ibanez *et al.* (2005), ambos realizaram uma intervenção de 16 semanas, o primeiro comparando TF com o grupo controle, já o segundo sem a participação de um grupo controle. Esses dois estudos apresentaram respostas benéficas para o controle glicêmico, entretanto Brooks *et al.* (2007) apresentou diminuições significativas na HbA1c, resultado contrario aos achados de Ibañez *et al.* (2005). Porém cabe ressaltar, que este foi realizado com uma amostra de sujeitos muito inferior, além de não ter um grupo controle para comparação com o grupo de intervenção, e ser realizado apenas 2 vezes na semana. Dunstan *et al.* (2002), também utilizando a comparação entre grupo de TF e grupo controle, no entanto com uma intervenção mais longa de 24 semanas, confirmam os resultados anteriores, demonstrando uma redução de 1,2 de HbA1c. Esses achados comprovam o quanto o TF pode ser benéficos a estes sujeitos, pois de acordo com os dados do UK Prospective Diabetes Study, demonstram que, para cada ponto percentual de redução na HbA1c, há uma redução de 35% em complicações microvasculares e 15% a 20%, nos eventos cardiovasculares maiores (UK PROSPECTIVE DIABETES STUDY *apud* DUNSTAN, 2002, p. 1732).

Alguns autores tiveram o objetivo de comparar o TF e o treinamento aeróbio, como foi descrito anteriormente. Cauza *et al.* (2005) e Bacchi *et al.* (2012), realizando um protocolo semelhante de 16 semanas, apresentaram resultados benéficos no controle glicêmico para o grupo que realizou o TF. Porém o primeiro relatou superioridade nos resultados do TF em comparação ao treinamento aeróbio, já o segundo encontrou respostas muito semelhantes entre os dois tipos de treinamento. Sigal *et al.* (2007), em seu estudo, também apresentou resultados semelhantes quando comparado o TF com o grupo controle, e o treinamento aeróbio com o grupo controle, só destacando diferenças significativas quando ambos foram comparados ao treinamento combinado. Entretanto esses resultados segundo os autores ainda não pode ser explicado, pois o grupo que realizou o treinamento combinado teve uma duração mais longa de treinamento, comparado aos grupos que realizaram os treinamentos isolados, portanto, este estudo não permite

conclusões definitivas relacionando essa melhora ao tempo de duração da atividade e ou para a metodologia do treinamento combinado.

Seis estudos apresentados neste trabalho, mostraram que o TF é benéfico ao controle glicêmico, seja na glicemia e insulina em jejum, HOMA IR, HbA1c ou sensibilidade a insulina, todos com resultados bem semelhantes, bem como as intervenções realizadas por um período mais longo de tempo. Pode-se concluir que o TF realizado 3 vezes na semana, em dias não consecutivos, incluindo exercícios para todos os grupos musculares, durante 16 semanas, utilizando duas a três séries por exercício, e repetições que variam de 8 a 15, e de intensidade moderada à alta, 70 a 90% de 1RM, com a intensidade e volume aumentando de forma progressiva, resultará em melhoras significativas para diminuição dos riscos metabólicos e melhoras neuromusculares e funcionais que serão abordadas a seguir. Estudos de Danilo *et al.* (2012) e Hazley *et al.* (2011), ambos com apenas 8 semanas de intervenção, não apresentaram melhoras significativas no controle glicêmico, relacionando esse resultado com curto período de treinamento. Entretanto, cabe ressaltar que nesses estudos resultados como: diminuição de percentual de gordura, circunferência da cintura e gordura abdominal foram encontrados, fatores estes que beneficiam o aumento da sensibilidade a insulina.

Quadro 1 – Resumo de alguns estudos que investigaram o treinamento de força em idosos com diabetes tipo 2.

Autores	Sujeitos	Período de Intervenção e frequência semanal	Intensidade e Volume	Resultados
Dunstan et al. 2002	n = 29; Idade 67,6 ± 5 e 66,9 ± 5; Homens e mulheres	TF combinado com programa de perda de peso; 24 semanas; 3 vezes por semana	3 séries x 8- 10 repetições, 50- 85% de 1 RM	↓HbA1c (1,2%); ↑Força em MS (41,7%); ↑Força em MI (28%); Sem ≠ para HOMA IR, insulina e glicose de jejum
Cauza et al. 2005	n = 43; Idade 56,4±1 (Grupo ST) e 57,9±1 (Grupo ET); Homens e mulheres	TF; 16 semanas; 3 vezes por semana	3 séries x 10-15 repetições; Intensidade não especificada; Contrações musculares realizadas até a falha	↓Glicemia (27%); ↓Insulina em jejum (9,5%); ↓HbA1c (1,2%); ↓HOMA IR (2%); ↓Colesterol (11,2%); ↓Triglicérides (34,4%); ↑Força máx em MS (22%); ↑Força máx em MI (48%); ↑Massa muscular (6,5%) ↓Gordura corporal total (9,7%) ↑Vo2 (1%)
Ibañez et al. 2005	n = 20; Idade 66,6; Homens	TF; 16 semanas; 2 vezes por semana	3-5 séries x 6-15 repetições; 50-80% de 1RM; Contrações musculares lentas e explosivas	↑Sensibilidade a insulina (46,3%); ↓Glicemia de jejum (7,1%); ↓Dobras cutanêas (8,5%); ↓Gordura visceral (10,3%); ↓Gordura abdominal subcutanea (11,2%); ↑Força máx em MI (17,1%); ↑Força máx em MS (18,2%) Sem ≠ significativas para HbA1c

Continuação

Autores	Sujeitos	Período de Intervenção e frequência semanal	Intensidade e Volume	Resultados
Brooks et al. 2007	n = 62; Idade 66±2 (Grupo ST) e 66±1 (Grupo controle); Homens e mulheres	TF; 16 semanas; 3 vezes por semana	3 séries x 8 repetições; 60-80% de 1RM	↓HbA1c (1,1%); ↓HOMA IR (07%); ↑Força máx em MI (68%); ↑Força máx em MS (36%); ↑Qualidade muscular (64%); ↑Fibras Tipo I (21,15%); ↑Fibras Tipo II (18,5%); ↑Massa muscular (2,7%);
Sigal et al. 2007	n = 251; Idade 53,5; Homens e mulheres	TF 26 semanas; 3 vezes por semana	2-3 séries x 7-9 repetições; Intensidade não especificada	↓HbA1c (0,38%); ↓Circunferência da cintura (1,8%); ↓Gordura abdominal subcutânea (14,3%); ↑Área transversal do músculo da coxa (8%); ↑Força máx em MS (41,7%); ↑Força máx em MI (33%)
Hazley et al. 2011	n = 12; Idade 53±9 (Grupo TF) e 55±9 (Grupo controle); Homens e mulheres	TF; 8 semanas; 2 vezes por semana	1-2 séries x 15 repetições; 50-60% de 1RM	↓Circunferência da cintura (7,5%); ↓Relação cintura-quadril (5%); Sem ≠ significarivas para HOMA IR, HbA1c, glicemia e insulina de jejum
Bacchi et al. 2012	n = 40; Idade 66±2 (Grupo ST) e 66±1 (Grupo COM); Homens e mulheres	TF; 16 semanas; 3 vezes por semana	3 séries x 10 repetições; 70-80% de 1RM	↓HbA1c (0,35%); ↑Sensibilidade à insulina (15%); ↓Glicemia de jejum (12mg/dl); ↓Gordura visceral (33,5cm ³); ↑Força máx em MS (10,3kg); ↑Força máx em MI (12kg)

Continuação

Autores	Sujeitos	Período de Intervenção e frequência semanal	Intensidade e Volume	Resultados
Danilo et al. 2012	n = 8; Idade 59,8±8; Mulheres	TF; 8 semanas; 3 vezes por semana	3 circuitos com 2 minutos de intervalo, com duração de 30 segundos para cada atividade e 30 segundos de recuperação; Intensidade não especificada	↓Massa corporal total (1,26%); ↓Percentual de gordura (1,23%); ↑Vo2 máx (10%); Sem ≠ significativas para glicemia de jejum e colesterol total
Mavros et al. 2013	n = 103; Idade não especificada; Homens e mulheres	TF; 48 semanas; 3 vezes por semana	3 séries x 8 repetições; 80% de 1RM; Contrações concêntricas explosivas e contrações excêntricas realizadas em 4 segundos	↑AST da coxa (5,6%); Sem ≠ significativas para HOMA IR, HbA1c e gordura visceral; Correlação entre : ↑massa muscular (r=-0,38), ↓Gordura total (r=0,42), ↓Gordura visceral (r=0,31) com ↓HOMA IR; ↓Atenuação muscular da parte média da coxa (r-0,52) com ↓HbA1c

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2016.

3.2 BENEFÍCIOS NEUROMUSCULARES E FUNCIONAIS DO TF NO DIABETES TIPO 2

Além dos benefícios no controle glicêmico, o TF induz a melhorias importantes na função neuromuscular e capacidade funcional em indivíduos com diabetes tipo 2. Em estudo com os métodos anteriormente descritos, Brooks *et al.* (2007) demonstraram incremento de 68% de força máxima em membros inferiores, 36% em membros superiores, além de um aumento de 64% de qualidade muscular (força por unidade de massa muscular), 21,15% de fibras Tipo I e 18,5% de fibras Tipo II, e de 2,7% de massa muscular em indivíduos com diabetes tipo 2 após 16 semanas de TF, comparando o grupo com intervenção do TF e o grupo controle. Esta hipertrofia nas fibras musculares do tipo I é de extrema relevância, pois são fibras mais sensíveis à insulina, com uma maior capacidade oxidativa e de mitocôndrias, e maior densidade capilar (KELLEY *et al. apud* BROOKS, 2007, p. 24). Estudos de Sigal *et al.* (2007), realizaram uma investigação com três protocolos de treinamento: treinamento aeróbio, treinamento de força e o treinamento combinado. Esses treinamentos foram comparados com um grupo controle, e ambos os treinamentos isolados foram comparados com o treinamento combinado. Para o controle glicêmico, todos os grupos tiveram melhoras superiores ao grupo controle, e o treinamento combinado com relação aos treinamentos isolados. Com uma amostra de 251 sujeitos, estes autores tiveram achados semelhantes com o estudo descrito anteriormente. Indivíduos que realizaram o TF apresentaram um incremento de 33% de força máxima nos membros inferiores e de 41,7% em membros superiores, além de um aumento de 8% na área transversal do músculo da coxa. A circunferência da cintura diminuiu em 1,8% e a gordura subcutânea 14,3% nestes sujeitos, demonstrando o quanto o TF é benéfico analisando diversos parâmetros, para a população diabética acima de 55 anos e realizando um protocolo de treinamento 3 vezes por semana, durante 26 semanas.

Ibañez *et al.* (2005), em seu estudo apresenta outros inúmeros benefícios proporcionados pelo TF em diabéticos Tipo 2, além do controle glicêmico, em uma intervenção realizada durante 16 semanas. Esses autores demonstraram em seus resultados uma diminuição de 8,5% e 11,2% nas dobras cutâneas e gordura abdominal subcutânea, respectivamente. Esta perda de gordura da região central e a diminuição do tecido adiposo visceral, está intimamente relacionado com uma

melhora na sensibilidade à insulina (MOURIER *et al.*, 1997). Foi observado também um aumento significativo de 17,1% de força máxima em membros inferiores e 18,2% em membros superiores, demonstrando os benefícios desse treinamento realizando um protocolo de 2 vezes por semana. Cauza *et al.* (2005), também utilizando um protocolo de TF de 16 semanas, porém realizado 3 vezes por semana, compararam os resultados entre um grupo que realiza um TF com um grupo de aeróbio. Além dos resultados significativos no controle glicêmico, estes autores confirmam os achados dos autores citados acima, apresentando um aumento de 22% de força máxima em membros superiores e 48% nos membros inferiores.

Ainda a respeito da comparação entre TF e treinamento aeróbio, e mantendo o protocolo de 16 semanas de intervenção, Bacchi *et al.* (2012), relataram possíveis benefícios do protocolo de TF, além da melhora apresentada no controle glicêmico. Esses autores identificaram melhoras significativas no aumento da força máxima dos membros inferiores de 72,2% e 83,3% dos membros superiores, confirmando os achados dos estudos citados acima e mantendo um protocolo de treinamento semelhante, realizado 3 vezes por semana, durante 16 semanas.

Para verificar o comportamento da população portadora de diabetes tipo 2 no treinamento de alta intensidade, Dunstan *et al.* (2002), realizaram essa intervenção aliada com uma dieta moderada para perda de peso. Com um protocolo de intervenção um pouco mais extenso de 24 semanas, esses autores compararam o TF com um grupo controle, que realizou somente exercícios de flexibilidade, porém ambos os grupos estavam com a mesma dieta. Esses autores tiveram melhoras significativas no controle glicêmico, entretanto os benefícios do TF nessa intervenção foram mais relevantes para os aspectos neuromusculares, demonstrando um aumento de força máxima de 28% em membros inferiores e 41,7% em membros superiores. A manutenção da força muscular dos membros inferiores e superiores, é de extrema importância para os idosos, pois possibilita a realização das tarefas da vida diária, bem como a prevenção de quedas (POLLOCK *et al.*, 2007).

Em estudo de Mavros *et al.* (2013), embora esses autores não demonstraram resultados positivos no controle glicêmico, foi demonstrado um aumento de 5,6% na área de secção transversal da coxa, o que pode representar uma melhora na função neuromuscular desses indivíduos, comparado os sujeitos que realizaram o TF de alta intensidade com o grupo que realizou um treinamento de baixíssima

intensidade, 3 vezes por semana, durante 48 semana. No entanto, o estudo demonstra uma forte correlação entre os sujeitos que obtiveram um aumento de massa muscular ($r=0,38$) e a diminuição da HOMA IR e HbA1c, como citado anteriormente. Danilo *et al.* (2012), também obteve resultados semelhantes ao estudo citado anteriormente, ou seja, sem melhoras significativas para o controle glicêmico. No entanto, os parâmetros analisados como massa corporal total e percentual de gordura, apresentaram uma diminuição de 1,26% e 1,23%, respectivamente. Cabe ressaltar que este estudo foi realizado com uma amostra muito pequena de apenas 8 sujeitos, com um protocolo de TF realizado 3 vezes na semana, durante 8 semanas, e sem um grupo controle.

Hazley *et al.* (2011), em seus achados também não verificou mudanças positivas no controle glicêmico. Em seu estudo, dividindo os sujeitos em grupo intervenção (treinamento de força) e grupo controle, realizado durante 8 semanas apenas, apresentou relações positivas como a diminuição da circunferência da cintura e da relação cintura-quadril de 7,5% e de 5% respectivamente, dois fatores importantes para o aumento da resistência a insulina em diabéticos tipo 2.

Quando analisados os estudos comparando os benefícios do TF no controle glicêmico, alguns mostram resultados positivos, já outros não. Esses mesmos estudos quando analisado as variáveis neuromusculares, funcionais e de composição corporal, todos apresentaram resultados positivos em algum parâmetro. Em 7 estudos descritos anteriormente foram apresentadas aumentos significativos em diversas variáveis como: massa muscular, força de membros superiores, força de membros inferiores, qualidade muscular, fibras tipo I e área transversal do músculo da coxa. Sabe-se que indivíduos diabéticos tipo 2, na maioria dos casos são idosos, e esses possuem uma qualidade muscular inferior aos sujeitos sem a doença (PARK *et al.*, 2006), e que este envelhecimento está associado com uma redução da força e do controle metabólico, ambos relacionados com a perda de massa muscular que ocorre com a progressão da idade (sarcopenia) (EVANS *et al.*, 1995). Portanto vários estudos têm demonstrado que o TF realizado 3 vezes na semana, em dias não consecutivos, incluindo exercícios para todos os grupos musculares, durante 16 semanas, utilizando duas a três series por exercício, e repetições que variam de 8 a 15, e de intensidade moderada a alta, 70 a 90% de 1RM, com a intensidade e volume aumentando de forma progressiva, resultará

também em melhoras de força e qualidade muscular, sendo uma ferramenta eficaz para a prevenção ou diminuição da sarcopenia.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Antes de iniciar um programa de exercícios, o indivíduo com diabetes deve ser submetido a uma avaliação médica detalhada, com diagnóstico apropriado sobre o nível de comprometimento da doença, bem como das comorbidades associadas. Estes exames devem rastrear a presença de complicações macro e microvasculares que possam ser agravadas pelo programa de exercício. A identificação correta dessas complicações, permitirá a elaboração de uma prescrição de exercício individualizada, minimizando os riscos para o paciente. A anamnese e os exames físicos devem relatar os sintomas e sinais de doenças que afetam o coração, vasos sanguíneos, olhos, rins e sistema nervoso (DIABETES CARE, 2002). Vale ressaltar que a prática de exercícios deve ser regular, respeitando-se os princípios da adaptação, sobrecarga e continuidade, além dos demais, para que se possa desfrutar de seus benefícios (DANILO *et al.*, 2012).

A efetividade do exercício físico para o tratamento de indivíduos com diabetes tipo 2 tem sido reconhecido, e a partir disso, diversos estudos vêm sendo realizados procurando a melhor prescrição que alcance os melhores benefícios (DIABETES CARE, 1999). Tradicionalmente, a maior parte dos estudos e prescrições, recomendam as atividades aeróbicas para os indivíduos com diabetes tipo 2, por causa de seus benefícios na sensibilidade à insulina e tolerância a glicose (DIABETES CARE, 2000). Esses estudos têm mostrado os benefícios do treinamento aeróbico sobre o perfil lipídico (WING *et al.*, 1998), sensibilidade a insulina e HbA1c (MOURIER *et al.*, 1997), composição corporal (LEHMANN *et al.*, 1995) em sujeitos diabéticos tipo 2.

No entanto, para muitos pacientes idosos com diabetes tipo 2, a presença de complicações diabéticas ou condições coexistentes, tais como obesidade, artrite degenerativa ou doença cardiovascular, pode impedir a participação em atividades aeróbicas, como caminhar (DUNSTAN *et al.*, 2002). Nesse ponto vale lembrar que a corrida, principalmente em indivíduos com sobrepeso, pode sobrecarregar as articulações e outros tecidos, expondo o indivíduo a um alto risco de lesão (DANILO *et al.*, 2012). Portanto, cabe destacar o importante papel do treinamento de força para a melhora da força muscular, resistência e massa muscular, onde diretrizes tem apoiado a inclusão de exercícios de força, como parte de um programa para melhora da qualidade de vida em pacientes com diabetes tipo 2 (DIABETES CARE, 2000), já

que esses pacientes na maioria dos casos apresentam comorbidades, incluindo fraqueza muscular, dificuldades de mobilidade, e doenças periféricas e/ ou cardiovascular (HAZLEY *et al.*, 2011).

Com o reconhecimento dos benefícios do treinamento de força para a melhora da força muscular, massa muscular e resistência, estudos recentes têm apoiado a inclusão deste tipo de treinamento, como parte do tratamento para uma melhor qualidade de vida de pacientes com diabetes tipo 2 (DIABETES CARE, 2000). Em estudos com programa de treinamento de força de 16 semanas (BROOKS *et al.*, 2007; IBAÑEZ *et al.*, 2005; CAUZA *et al.*, 2005; BACCHI *et al.*, 2012), 24 semanas (DUSTAN *et al.*, 2002) e 26 semanas (SIGAL *et al.*, 2007), de duração, onde a frequência variou de duas (IBAÑEZ *et al.*, 2005), e três (BROOKS *et al.*, 2007; CAUZA *et al.*, 2005; BACCHI *et al.*, 2012; DUNSTAN *et al.*, 2002, SIGAL *et al.*, 2007) sessões de treinamento por semana, houve melhoras significativas no aumento de força em membros superiores e inferiores. A intensidade desses protocolos variou entre moderada (IBAÑEZ *et al.*, 2005; CAUZA *et al.*, 2005; SIGAL *et al.*, 2007) e alta (BROOKS *et al.*, 2007; BACCHI *et al.*, 2012; DUNSTAN *et al.*, 2002), sendo que os estudos sugerem, analisando os resultados de força muscular, que o treinamento de força de alta intensidade pode ser mais eficaz, uma vez que o aumento da força muscular foi consideravelmente maior nesses protocolos. Cabe ressaltar que a manutenção de ambas as forças de membros superiores e inferiores é de extrema importância para os idosos, pois são necessárias para as diversas tarefas da vida diária que exijam esforços estáticos ou dinâmicos, bem como para a prevenção de quedas (POLLOCK *et al.*, 2007).

Indivíduos mais velhos podem beneficiar-se mais do treinamento de força do que indivíduos mais jovens, pois com o decorrer do tempo acabam por diminuir a sua massa muscular pela falta de uso, sedentarismo e diminuição do seu convívio social (SIGAL *et al.*, 2007). A perda de massa muscular está relacionada com a sarcopenia, que é um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da prevalência de diabetes tipo 2 com a idade (PARK *et al.*, 2006). O músculo esquelético é responsável por até 40% do peso corporal total, assim o treinamento de força pode induzir alterações benéficas na resistência à insulina por meio de desenvolvimento de massa muscular. O tecido muscular esquelético é o principal local de absorção de glicose, sendo mediado pela insulina e influenciado fortemente pela resistência à insulina, que é caracterizado por uma diminuição na absorção de

glicose para o tecido muscular esquelético em pacientes com diabetes tipo 2, associado também a inatividade física, aumento da gordura visceral e alterações nas características do músculo esquelético (CAUZA *et al.*, 2005).

Estudos citados neste trabalho, relacionam os benefícios do treinamento de força no controle glicêmico com um aumento de massa muscular. Brooks *et al.* (2007), relataram reduções glicêmicas, após o treinamento de força de alta intensidade. Estas melhoras podem estar relacionadas com um aumento encontrado nas fibras tipo I de 21%, fibras essas que são mais sensíveis a insulina. Sigal *et al.* (2007), mostrou um melhor controle metabólico, com a redução de 4% na HbA1c, pelo treinamento de força, apresentando também um aumento de 8% na área transversal do músculo da coxa.

Dunstan *et al.* (2002), em seus estudos, também apresentaram uma relação de aumento de massa muscular com melhoras no controle metabólico. Concluindo que a adição do treinamento de força também contribui para a manutenção da massa muscular, apesar de ter ocorrido uma perda de peso moderada. Este pequeno aumento na massa muscular observado nesses indivíduos que realizaram o treinamento de força pode ser um importante mediador na melhora do controle glicêmico (DUNSTAN *et al.*, 2002). Estudos anteriores de Cauza *et al.* (2005), relataram um aumento de 6,5% de massa muscular, mostrando que o treinamento de força foi associado com uma melhora significativa da resistência à insulina, concomitante com um aumento de massa muscular e da força muscular. Nesse estudo foi demonstrado uma forte associação entre o tamanho do músculo e o controle glicêmico, reafirmando a importância do tecido muscular na resistência à insulina em diabéticos tipo 2 (CAUZA *et al.*, 2005). Ibañez *et al.* (2005), em seus estudos também constatou melhoras significativas no controle glicêmico, infelizmente a massa muscular não foi medida nesse estudo, entretanto um aumento significativo de força, acompanhada por uma diminuição significativa de gordura, enquanto a massa corporal manteve-se inalterada, sugere que esta intervenção pode ter aumentado provavelmente a massa muscular.

Em estudos mais atuais, Mavros *et al.* (2013), embora não tenha apresentado melhoras significativas no controle glicêmico, apresentou uma forte correlação entre os sujeitos que tiveram um aumento de massa muscular ($r=0,38$), com melhoras na HbA1c e HOMA IR havendo um aumento significativo do grupo que realizou o treinamento de força de 5,6% na área de secção transversal da coxa. Utilizando os

modelos Ancova, os participantes do grupo PRT (treinamento de força), que aumentaram a massa muscular, diminuíram a HOMA IR e HbA1c, em comparação aos demais participantes do mesmo grupo. Essa hipertrofia do músculo esquelético adquirida pelo treinamento de força, aumenta a qualidade e o tamanho do músculo esquelético disponível para armazenamento de glicose, esses aumentos em tecido magro estão associados as melhorias na homeostase da glicose (BALDI *et al.*, 2003 *apud* MAVROS *et al.*, 2013). Os modelos de regressão e Ancova descritos neste estudo, mostraram que as melhorias na HbA1c e na resistência à insulina, não eram dependentes de mudanças no peso corporal, mas sim nas melhorias de composição corporal, com o aumento da massa muscular e reduções de gorduras. Todos os estudos aqui citados, relacionando aumento de massa muscular e controle glicêmico, sugerem que a manutenção ou a melhoria da massa muscular através do treinamento de força, pode melhorar de forma significativa a saúde metabólica dos idosos com diabetes tipo 2.

Além da melhora de força e massa muscular, estudos também propõem que o aumento da sensibilidade a insulina após o treinamento de força pode ser mediado por reduções concomitantes no tecido adiposo subcutâneo e visceral ou obesidade abdominal (RICE *et al.*, 1999 *apud* DUNSTAN *et al.*, 2002). A obesidade central ou abdominal leva a resistência à insulina e a disfunção endotelial devido a produção de produtos metabólicos derivados de lipídeos, hormônios e citosinas. Os ácidos graxos também levam a resistência insulínica. O mecanismo pela qual o aumento de ácidos graxos livres leva a diminuição da captação de glicose parece envolver o aumento de NADH e acetil CoA intramitocondriais. Como resultado, ocorre inibição da fosfofrutoquinase e hexoquinase II, levando ao aumento da concentração intracelular de glicose, bem como de sua captação (CARVALHO *et al.*, 2006).

Estudos de Sigal *et al.* (2007), relatam uma diminuição de 14,3% de gordura subcutânea e 1,8% da circunferência da cintura. Esses achados foram acompanhados de melhoras significativas no controle glicêmico. Ibañez *et al.* (2005) verificando em seus estudos alguns fatores antropométricos, também verificou melhoras como uma diminuição das dobras cutâneas de 8,5%, gordura visceral de 10,3% e 11,2% de gordura abdominal subcutânea. Alguns estudos como de Cauza *et al.* (2005), analisaram apenas a massa de gordura total, mas também houve diferença significativa com uma diminuição de 9,7%. Já Bacchi *et al.* (2012), analisando também apenas um parâmetro em seu estudo, verificou uma melhora de

33,5cm² de gordura visceral em indivíduos que realizaram o treinamento de força, acompanhados de melhoras na HbA1c e na sensibilidade a insulina.

Alguns estudos, entretanto, mesmo não apresentando melhoras no controle glicêmico, demonstraram melhoras significativas em parâmetros relacionados a gordura corporal, como verificado nos estudos de Danilo *et al.* (2012), como a diminuição de 1,23% de percentual de gordura, e estudos de Hazley *et al.* (2011), observando uma diminuição de 7,5% de circunferência de cintura e 5% na relação cintura-quadril. Cabe ressaltar que a circunferência da cintura é citada em alguns estudos, pois é um preditor muito eficaz de gordura visceral abdominal. Mavros *et al.* (2013), apesar de não encontrarem melhoras significativas no controle glicêmico entre o grupo que realizou o treinamento de força e o grupo controle, verificaram uma forte correlação nas mudanças no tecido adiposo visceral relacionada às mudanças no HOMA IR ($r=0,35$), nos indivíduos que realizaram o treinamento de força de alta intensidade. Todas estas melhoras apresentadas em reduções de gordura podem ser os principais preditores da melhoria metabólica induzida pelo treinamento de força.

Todos os resultados apresentados neste estudo fornecem evidências para apoiar a inclusão do treinamento de força de moderada à alta intensidade em indivíduos idosos diabéticos tipo 2, como estratégia para a melhoria de qualidade de vida e controle glicêmico. Além disso, esse tipo de treinamento tem um maior grau de adesão e aderência, já que em muitos casos alguns idosos não conseguem realizar atividades aeróbias por muito tempo, fazendo então com que o treinamento de força seja um programa bem tolerado, viável, eficiente e seguro para pacientes idosos com diabetes tipo 2. Entretanto, cabe ressaltar que mais estudo de longo prazo serão necessários para analisar se esses benefícios podem ser mantidos ou aumentados, já que o estudo mais longo tem um período de 48 semanas.

Em conclusão, os resultados deste estudo demonstram que períodos entre 12 e 16 semanas de treinamento de força realizado de 2 a 3 vezes na semana, em dias não consecutivos, com intensidade moderada à alta, entre 70 a 90% de 1 RM, incluindo exercícios para todos os grupos musculares, utilizando duas a três séries por exercício, e repetições que variam de 8 a 15, supervisionado por profissionais capacitados e com a intensidade e volume aumentando de forma progressiva, traz melhoras no controle glicêmico, além de ser seguro e bem tolerado por indivíduos idosos diabéticos tipo 2. O aumento de massa muscular e a diminuição da gordura

corporal podem ser os preditores principais da melhoria metabólica induzida pelo exercício nestes parâmetros. No entanto, pesquisas futuras devem avaliar se intervenções focadas na melhoria desses fatores especificadamente podem ter um impacto no controle glicêmico em indivíduos com diabetes tipo 2. Outro ponto importante a destacar é que o aumento de força encontrado nesses estudos é de extrema importância para as atividades diárias de idosos, já que o enfraquecimento muscular tem uma relação direta com prejuízos na flexibilidade muscular, no equilíbrio, e principalmente na velocidade, sendo responsável por quedas frequentes, fato que é considerado com uma das maiores causas de morbidade e mortalidade desta população (DALLA DEA *et al.*, 2009).

REFERÊNCIAS

- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Clinical practice recommendation. **Diabetes Care**, v. 22, p. 49- 53. 1999.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diabetes Mellitus and exercise (position statement). **Diabetes Care**, v. 23, p. 50- 54. 2000.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diabetes Mellitus and exercise. **Diabetes Care**, v. 25, p. 564- 568, January. 2002.
- ASANO, Ricardo Y.; *et al.* Acute effects of physical exercise in type 2 diabetes: A review. *World J Diabetes*, v. 5, n. 5, p. 659-665, october, 2014.
- BACCHI, Elisabetta *et al.* Metabolic effects of aerobic training and resistance training in type 2 diabetic subjects a randomized controlled trial (the RAED2 study). **Diabetes care**, v. 35, n. 4, p. 676-682, 2012.
- BALDUCCI, Stefano *et al.* Effect of high-versus low-intensity supervised aerobic and resistance training on modifiable cardiovascular risk factors in type 2 diabetes; the Italian Diabetes and Exercise Study (IDES). **PloS one**, v. 7, n. 11, p. e49297, 2012.
- BROOKS, Naomi *et al.* Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. **International journal of medical sciences**, v. 4, n. 1, p. 19-27, 2007.
- CADORE, Eduardo L., IZQUIERDO, Mikel. Exercise interventions in polypathological aging patients that coexist with diabetes mellitus: improving functional status and quality of life. **CrossMark**, v. 37, n. 64, may. 2015.
- CANCELLIÉRE, Claudio. **Diabetes e Atividade Física**. 1 ed. Jundiaí, SP: Fontoura Editora, 1999.
- CASTANEDA, Carmen *et al.* A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. **Diabetes care**, v. 25, n. 12, p. 2335-2341, 2002.
- CAUZA, Edmund *et al.* The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 86, n. 8, p. 1527-1533, 2005.
- CHIAPPA, Gaspar Rogério da Silva. *et al.*. Investigação da Aptidão Física de Pacientes Diabéticos não Insulino-dependentes. **Revista Kinesis**. n. 26. p. 36-166. RS, 2002
- DALLA DÉA, Vanessa Helena Santana *et al.* Força muscular de idosos com e sem depressão participantes de um programa de ginástica. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 17, n. 6. 2009.

DE MOURA DANILO, Dagnou Pessoa; DA SILVA MATTOS, Mathias; HIGINO, Wonder Passoni. Efeitos do treinamento resistido em mulheres portadoras de diabetes mellitus tipo II. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 11, n. 2, p. 32-38, 2012.

DUNSTAN, David W. *et al.* High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. **Diabetes care**, v. 25, n. 10, p. 1729-1736, 2002.

EVANS, William J.; SCHWARTZ, Robert S.; Effects of exercise on body composition and functional capacity of the elderly. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 50, n. Special Issue, p. 147-150, 1995.

FERREIRA, Sandra RG *et al.* Intervenções na prevenção do diabetes mellitus tipo 2: é viável um programa populacional em nosso meio. **Arq bras endocrinol metab**, v. 49, n. 4, p. 479-84, 2005.

FIGUEIRA, Franciele R. *et al.* Association between physical activity advice only or structured exercise training with blood pressure levels in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 44, n. 11, p. 1557-1572, 2014.

GEIRSDOTTIR, O. G. *et al.* 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. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 67, n. 11, p. 1259- 1265, November. 2012., 2012.

GUYTON, Arthur C. HALL, John E. **Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças**. 6 ed Rio de Janeiro:Guanabara Koogan..., 1998.

HALPERN, Zuleika SC; RODRIGUES, Mariana Del Bosco; COSTA, RF da. Determinantes fisiológicos do controle do peso e apetite. **Rev Psiq Clin**, v. 31, n. 4, p. 150-3, 2004.

HAZLEY, Laura *et al.* Impact of a short-term, moderate intensity, lower volume circuit resistance training programme on metabolic risk factors in overweight/obese type 2 diabetics. **Research in Sports Medicine**, v. 18, n. 4, p. 251-262, 2011.

IBAÑEZ, Javier *et al.* Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. **Diabetes care**, v. 28, n. 3, p. 662-667, 2005.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. 2015. Disponível em:<<http://www.idf.org/>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

LEHMANN, R. *et al.* Loss of abdominal fat and improvement of the cardiovascular risk profile by regular moderate exercise training in patients with NIDDM. **Diabetologia**, v. 38, n. 11, p. 1313-1319, 1995.

LYRA, Ruy *et al.* Prevenção do diabetes mellitus tipo 2. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab**, v. 50, n. 2, p. 239-249, 2006.

MARTINS, Denise Maria. **Exercício Físico no Controle do Diabetes Mellitus**. Guarulhos: Phorte Editora, 2000.

MAVROS, Yorgi *et al.* Changes in insulin resistance and HbA1c are related to exercise-mediated changes in body composition in older adults with Type 2 diabetes interim outcomes from the GREAT2DO trial. **Diabetes Care**, v. 36, n. 8, p. 2372-2379, 2013.

MCDARLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. **Fisiologia do exercício: Nutrição, Energia e Desempenho**. 7^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MOURIER, Agnès *et al.* Mobilization of visceral adipose tissue related to the improvement in insulin sensitivity in response to physical training in NIDDM: effects of branched-chain amino acid supplements. **Diabetes care**, v. 20, n. 3, p. 385-391, 1997.

PARK, Seok Won *et al.* Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes the health, aging, and body composition study. **Diabetes care**, v. 30, n. 6, p. 1507-1512, 2007.

PARK, Seok Won *et al.* Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes The Health, Aging, and Body Composition Study. **Diabetes**, v. 55, n. 6, p. 1813-1818, 2006.

PORTAL BRASIL. **Diabetes atinge 9 milhões de brasileiros**. 1015. . Disponível em:< <http://www.brasil.gov.br/saude/2015/07/diabetes-atinge-9-milhoes-de-brasileiros/>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

SABIA, Renata.V.; SANTOS, José E.; RIBEIRO, Rosane P.P. Efeito da Atividade Física Associada à Orientação Alimentar em Adolescentes Obesos: Comparação Entre o Exercício Aeróbico e Anaeróbico. **Rev Bras Med Esporte**, Paraná, v. 10, n. 5, p.349-355, set./out. 2004.

SIGAL, Ronald 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, 2007.

SILVA, Carlos A. da; LIMA, Walter C de. Efeitos benéficos do exercício físico no controle metabólico do diabetes mellitus tipo 2 à curto prazo. **Arq Bras Endocrinol Metabol**, São Paulo, v. 46, n. 5, p. 550-556, outubro. 2002.

TESSIER, Daniel *et al.* Effects of aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus. **Archives of gerontology and geriatrics**, v. 31, n. 2, p. 121-132, 2000.

WILLIAMS, Mark A. *et al.* Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update a scientific statement from the american heart association council on clinical cardiology and council on nutrition, physical activity, and metabolism. **Circulation**, v. 116, n. 5, p. 572-584, 2007.

WING, R. R. *et al.* Exercise in a behavioural weight control programme for obese patients with Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes. **Diabetologia**, v. 31, n. 12, p. 902-909, 1988.