



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROPSIQUIATRIA E  
CIÊNCIAS DO COMPORTAMENTO

CAMILLA RODRIGUES DE SOUZA SILVA

**EFEITO DO TREINO RESISTIDO SOBRE A FUNÇÃO MUSCULAR E O  
EQUILÍBRIO POSTURAL DE INDIVÍDUOS PORTADORES DE DIABETES TIPO 2**

Recife

2018

CAMILLA RODRIGUES DE SOUZA SILVA

**EFEITO DO TREINO RESISTIDO SOBRE A FUNÇÃO MUSCULAR E O  
EQUILÍBRIO POSTURAL DE INDIVÍDUOS PORTADORES DE DIABETES TIPO 2**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento.

**Área de concentração:** Neurociências

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sílvia Regina Arruda de Moraes

**Coorientador:** Prof. Dr. André dos Santos Costa

Recife

2018

Catálogo na Fonte  
Bibliotecária: Elaine Freitas, CRB4-1790

S586e Silva, Camilla Rodrigues de Souza.  
Efeito do treino resistido sobre a função muscular e o equilíbrio postural de indivíduos portadores de diabetes tipo 2 / Camilla Rodrigues de Souza Silva. – 2018.  
116 f.: il.; tab.

Orientadora: Sílvia Regina Arruda de Moraes.  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS, Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento. Recife, 2018.  
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Treinamento de resistência. 2. Polineuropatia diabética. 3. Força muscular. 4. Equilíbrio postural. I. Moraes, Sílvia Regina Arruda de (Orientadora). II. Título.

614 CDD (23.ed.) UFPE (CCS2019-123)

CAMILLA RODRIGUES DE SOUZA SILVA

**EFEITO DO TREINO RESISTIDO SOBRE A FUNÇÃO MUSCULAR E O  
EQUILÍBRIO POSTURAL DE INDIVÍDUOS PORTADORES DE DIABETES TIPO 2**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento.

Aprovada em 26/02/2018

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Hilton Justino da Silva (Examinador Interno)  
Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

Profa Dra Denise Maria Martins Vancea (Examinador Externo)  
Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Pernambuco – UPE

---

Prof. Dr. Fernando José de Sá Pereira Guimarães (Examinador Externo)  
Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Pernambuco – UPE

---

Prof. Dr. Ivson Bezerra da Silva (Examinador Externo)  
Departamento de Anatomia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB

---

Prof. Dr. José Jamacy de Almeida Ferreira (Examinador Externo)  
Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Dedico este trabalho a todos àqueles que me apoiaram e que me mostraram que as dificuldades aparecem para serem superadas, em especial aos meus pais, Marillesse Rodrigues e José Carlos da Silva, e à minha irmã Carolinne Rodrigues, com muito carinho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela oportunidade de nascer e crescer em uma família tão especial e edificadora, além de todas as possibilidades que me permitiram amadurecer pessoal e profissionalmente;

À minha família, em especial aos meus pais Marillesse Rodrigues e José Carlos da Silva e minha irmã Carol, por serem meus maiores exemplos de honestidade, companheirismo, responsabilidade, força de vontade, dedicação e amor;

À minha orientadora Profa. Dra. Sílvia Moraes por toda confiança, dedicação, carinho, profissionalismo e aprendizado durante esses anos, por ter me acolhido tanto durante a graduação quanto no retorno para o doutorado. Você é um grande exemplo de profissional e de ser humano para todos nós;

Ao meu coorientador Prof. Dr. André Costa por toda parceria, confiança, aprendizado e dedicação. Por abrir as portas do departamento de Educação Física e não medir esforços para ajudar na execução deste trabalho;

A cada participante desta pesquisa, sem vocês ela não existiria. Obrigada pelo carinho, apoio, pelos momentos de descontração em cada encontro, e pelo imenso aprendizado;

Aos meus ``filhotes`` científicos, Tamires e Diogo, por toda ajuda, dedicação, aprendizado, e incentivo durante esses anos. Uma das melhores coisas que o doutorado proporcionou foi poder contribuir e ver o crescimento de vocês;

Aos amigos do Laboratório de Plasticidade Neuromuscular – LAPLAN, em especial Cybelle Nery, Deniele Lós, Márcio Almeida, Carol Simões, Kelly Antunes, Waydja Lânia, Ana Cristina Falcão, Kamilla Dinah, Ana Camila, Elvis, Marina Lira, e todos os PGs que fazem parte dessa grande família científica, por todo incentivo, aprendizado, dedicação, companheirismo nos momentos difíceis e pelas risadas nos momentos de alegria.

Ao amigo Taciano Rocha, pela grande parceria, aprendizado compartilhado e incentivo de sempre;

Ao cardiologista Dr. Sandro Lima, por toda atenção e parceria na avaliação dos participantes desta pesquisa;

Aos alunos e estagiários do curso de Educação Física, pelo auxílio e dedicação nas avaliações e treinos desta pesquisa;

Aos colegas do Laboratório de Neurociência Aplicada - LANA, pela atenção e disponibilidade do seu laboratório para realização dos testes de equilíbrio;

Às minhas amigas, por todo apoio e incentivo, em especial a Emília, Rita, Cybelle, Karla, Laísa, Sarah, Lana, Lyvia, e tantos outros, que próximos ou distantes, sempre estiveram na torcida;

Ao grupo de genética do LIKA, em especial à Camila Dantas, pelo incentivo e parceria nas análises da hemoglobina glicada;

Aos amigos e colegas de trabalho da UTI Pediátrica do IMIP e do Hospital Barão de Lucena, por todo incentivo, compreensão, e ajuda em tantas trocas de plantão;

Aos colegas, funcionários e professores do Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento por todo conhecimento, amizade e compreensão desenvolvidos durante esses quatro anos de doutorado.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desta conquista. Meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Esta tese teve como objetivo avaliar o efeito do treino resistido sobre a função muscular e equilíbrio postural de indivíduos com diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2). Para auxiliar em sua construção foi realizado um artigo de revisão integrativa com o objetivo de analisar a contribuição dos estudos acerca da aplicação do exercício físico visando a melhora de equilíbrio e prevenção de quedas em indivíduos com DM2 e polineuropatia diabética distal (PNDD), foram incluídos e discutidos os achados de 7 estudos. Para obtenção dos dados originais desta tese foram recrutados indivíduos com DM2, maiores de 50 anos e com PNDD. As avaliações de equilíbrio foram realizadas com o *Biodex Balance System*. A avaliação de força muscular utilizou o teste de 1 repetição máxima (1RM) para membros superiores e inferiores, nas máquinas de Supino vertical e *Leg Press*. A massa magra corporal, massa magra das pernas e percentual de gordura foram avaliados pelo equipamento de absorciometria de feixe duplo. Sintomas e sinais da PNDD foram obtidos por escores de sintomas (ESN) e comprometimento (ECN) da escala diagnóstica de PNDD. Medidas de arquitetura muscular: espessuras dos músculos reto femoral e vasto intermédio, área de secção transversa e ângulo de penação do músculo reto femoral foram obtidos por ultrassonografia. Dois artigos originais foram elaborados com os dados destas avaliações. O artigo original 1 teve como objetivo aplicar a técnica de ultrassonografia para quantificar dados de arquitetura muscular e avaliar a confiabilidade dessas medidas. Para isso foi realizado um estudo transversal com dados preliminares de arquitetura muscular de 17 indivíduos com DM2. As medidas foram obtidas por 3 avaliadores, as análises intra e interavaliadores mostraram confiabilidade de alta a muito alta (CCI>0,87), exceto para o ângulo de penação, o qual apresentou confiabilidade de moderada a baixa intra-avaliadores (CCI=0,58; 0,48; 0,51), e confiabilidade alta interavaliadores (CCI=0,70). No artigo original 2 foi realizado um ensaio clínico controlado e randomizado, no qual os indivíduos foram randomizados em dois grupos, grupo controle (n=9) e grupo treino (n=12), que participou de um protocolo de treinamento resistido, 3 vezes por semana, durante 12 semanas. Ambos os grupos receberam palestras educativas sobre cuidados com o DM2. O objetivo foi avaliar o efeito da aplicação de um protocolo de treinamento resistido sobre a força e arquitetura muscular, equilíbrio postural, composição corporal e sinais e sintomas da PNDD em indivíduos com DM2. Houve melhora significativa do grupo treinado no ECN (p=0.02), na força muscular: 1RM de Supino (p=0.03) e 1RM de *Leg Press* (p=0.01), e na área de secção transversa do músculo reto femoral (p=0.02). Estes resultados demonstram que arquitetura muscular avaliada com



ultrassonografia tem boa confiabilidade e pode ser utilizada para fins de monitoramento das modificações musculares em indivíduos com DM2, e que o protocolo de treinamento resistido aplicado pode ser utilizado como estratégia de tratamento para melhorar a função muscular e minimizar os danos ocasionados pela PNDD nessa população.

Palavras-chave: Treinamento de resistência. Polineuropatia diabética. Força muscular. Equilíbrio postural. Composição corporal.

## ABSTRACT

This thesis aimed to evaluate the effect of resistance training on muscle function and postural balance of individuals with type 2 diabetes mellitus (T2DM). To assist in its construction, an integrative review article was carried out with the objective of analyzing the contribution of studies on the application of physical exercise aimed at improving balance and prevention of falls in individuals with T2DM and distal diabetic polyneuropathy (DDPN), where they were included and discussed the findings of 7 studies on the subject. To obtain the original data of this thesis, individuals with T2DM, older than 50 years and with DDPN were recruited. The balance evaluations were performed with the Biodex Balance System. The muscle strength test used the 1 repetition maximal (1RM) for upper and lower limbs in the Vertical Supine and Leg Press machines. Lean body mass, lean leg mass and fat percentage were evaluated by dual beam absorptiometry equipment. Symptoms and signs of DDPN were obtained through the symptom scores (SNS) and impairment (SNI) of the DDPN diagnostic scale. Muscular architecture measurements: thickness of the rectus femoris and vastus intermedius muscles, cross-sectional area and pennation angle of the rectus femoris muscle were obtained by ultrasonography. Two original articles were prepared with data from these evaluations. The original article 1 aimed to apply the ultrasound technique to quantify muscular architecture data and to evaluate the reliability of these measures. For this, a cross-sectional study was performed with preliminary muscular architecture data of 17 individuals with T2DM. The measurements were obtained by 3 raters, the intra and inter-rater analyzes showed high to very high reliability ( $ICC > 0.87$ ), except for the pen angle, which presented a moderate to low reliability in intra-raters ( $ICC=0.58; 0.48; 0.51$ ), and high interrater reliability ( $ICC=0.70$ ). For making the original article 2, a randomized controlled clinical trial was conducted in which the subjects were randomized into two groups, the control group ( $n=9$ ) and the training group ( $n=12$ ), who participated in a resistance training protocol, 3 times a week for 12 weeks. Both groups received educational lectures on T2DM care. The aimed to evaluate the effect of the application of a resistance training protocol on muscle strength and architecture, postural balance, body composition and DDPN signs and symptoms in individuals with T2DM. There was a significant improvement of the trained group in SNI ( $p=0.02$ ), in muscle strength: Supine 1RM ( $p=0.03$ ) and Leg Press 1RM ( $p=0.01$ ), and in the cross-sectional area of the rectus femoris muscle ( $p=0.02$ ). These results demonstrate that the muscle architecture evaluated with ultrasound has good reliability and can be used for the purpose of monitoring muscular modifications in individuals with T2DM, and that the applied

resistance training protocol can be used as a treatment strategy to improve muscle function and minimize the damages caused by DDPN in this population.

Keywords: Resistance training. Diabetic polyneuropathy. Muscle strength. Postural balance. Body composition.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

### **REVISÃO DA LITERATURA**

Figura 1- Fisiopatologia da lesão microvascular. 23

### **ARTIGO ORIGINAL 2**

Figura 1- Fluxograma de acompanhamento dos participantes. 56

Figura 2- Gráficos comparativos de acompanhamento dos parâmetros de força muscular de membros superiores (A) e inferiores (B), e escore de comprometimento neuropático(C) dos grupos controle (GC) e treino (GT) nos períodos pré e pós-intervenção. 59

## **LISTA DE TABELAS**

### **Artigo original 2**

Tabela 1- Características clínicas e antropométricas da amostra.	57
Tabela 2- Comparação intergrupo entre as diferenças de médias nos momentos pré e pós-intervenção das variáveis de força muscular, equilíbrio postural, composição corporal e PNDD.	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1RM	1 repetição máxima
AGE	Produtos finais da glicação avançada
API	Índice de estabilidade antetior/posterior
ASCOM	Agência de notícias da UFPE
AVDs	Atividades de vida diária
BBS	<i>Biodex Balance System</i>
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CNS	Conselho Nacional de Saúde
dL	decilitro
DM	Diabetes <i>Mellitus</i>
DM2	Diabetes <i>Mellitus</i> tipo 2
DXA	Absorciometria de feixe duplo
ESN	Escore de sintomas neuropáticos
ECN	Escore de comprometimento neuropático
g	grama
GC	Grupo Controle
GLUT4	Proteína transportadora de glicose 4
GT	Grupo Treino
HbA1c	Hemoglobina glicada
Hz	Hertz
IMC	Índice de massa corpórea
Km	quilômetros
LAEFES	Laboratório Avançado de Educação Física e Saúde
LANA	Laboratório de Neurociência Aplicada
mg	miligramas

MLI	Índice de estabilidade medial/lateral
ml	mililitros
mmHg	Milímetros de mercúrio
NAI	Núcleo de Apoio ao Idoso
ND	Neuropatia diabética
OD	Índice geral de limites de estabilidade
OSI	Índice geral de estabilidade
PLIC	Complexo de laboratórios Prof. José César de Albuquerque Farias
PNDD	Polineuropatia diabética distal
PSE	Escala de percepção de esforço
RNS	Espécies reativas de Nitrogênio
ROS	Espécies reativas de Oxigênio
rpm	Rotações por minuto
TCR	Teste de Carga Relativa
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VCN	Velocidade de condução nervosa

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
2.1	DIABETES <i>MELLITUS</i> .....	20
2.1.1	Conceito .....	20
2.1.2	Epidemiologia. ....	20
2.1.3	Classificação .....	21
2.1.3.1	DM tipo 2 .....	21
2.1.4	Diagnóstico do DM .....	22
2.1.5	Polineuropatia diabética distal .....	22
2.2	ARQUITETURA E QUALIDADE MUSCULAR .....	24
2.3	DIABETES E FUNÇÃO MUSCULAR.....	26
2.4	DIABETES E EXERCÍCIO .....	27
2.5	DIABETES, EQUILÍBRIO POSTURAL E EXERCÍCIO .....	28
<b>3</b>	<b>HIPÓTESE.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>30</b>
4.1	OBJETIVO GERAL.....	30
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	30
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
5.1	DESENHO DO ESTUDO .....	31
5.2	LOCAL DO ESTUDO .....	31
5.3	SUJEITOS .....	31
5.3.1	Tamanho amostral.....	31
5.3.2	Randomização e alocação .....	32
5.3.3	Critérios de inclusão.....	32
5.3.4	Critérios de exclusão .....	32
5.3.5	Critérios de descontinuação individual .....	32
5.4	AVALIAÇÃO .....	32
5.4.1	Anamnese e exame físico .....	32
5.4.2	Avaliação da polineuropatia diabética distal .....	33
5.4.3	Avaliação cardiológica .....	33
5.4.4	Avaliação de força muscular .....	34
5.4.5	Avaliação de equilíbrio e risco de quedas.....	35



<b>5.4.6</b>	<b>Avaliação da arquitetura muscular .....</b>	<b>36</b>
<b>5.4.7</b>	<b>Avaliação da composição corporal.....</b>	<b>37</b>
<b>5.5</b>	<b>INTERVENÇÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>5.5.1</b>	<b>Informações sobre autocuidado relativas ao diabetes.....</b>	<b>37</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Protocolo de treinamento físico resistido.....</b>	<b>37</b>
<b>5.6</b>	<b>ASPECTOS ÉTICOS .....</b>	<b>38</b>
<b>5.7</b>	<b>ANÁLISE DE DADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
<b>6.1</b>	<b>ARTIGO ORIGINAL 1 .....</b>	<b>40</b>
<b>6.2</b>	<b>ARTIGO ORIGINAL 2.....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>
	<b>APÊNDICE A – ARTIGO DE REVISÃO INTEGRATIVA.....</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>78</b>
	<b>APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO .....</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE D – FICHA DE AVALIAÇÃO DA NEUROPATIA.....</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE E – PROTOCOLO DO TESTE DE 1 RM.....</b>	<b>83</b>
	<b>APÊNDICE F – FICHA DE ACOMPANHAMENTO DOS TREINOS .....</b>	<b>84</b>
	<b>APÊNDICE G – FICHA DE PROTOCOLO DOS TREINOS.....</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXO A – ESCALA PARA DIAGNÓSTICO DA PNDD.....</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXO B – ARTIGO ORIGINAL 1 .....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXO C – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA .....</b>	<b>100</b>
	<b>ANEXO D – REGISTRO NO REBEC .....</b>	<b>103</b>
	<b>ANEXO E – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS .....</b>	<b>104</b>
	<b>ANEXO F – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS .....</b>	<b>105</b>
	<b>ANEXO G – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS.....</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXO H – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS.....</b>	<b>107</b>
	<b>ANEXO I – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS .....</b>	<b>108</b>
	<b>ANEXO J – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS.....</b>	<b>109</b>
	<b>ANEXO K – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS.....</b>	<b>110</b>
	<b>ANEXO L – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS .....</b>	<b>111</b>
	<b>ANEXO M – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS .....</b>	<b>112</b>
	<b>ANEXO N – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS .....</b>	<b>113</b>

<b>ANEXO O – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS.....</b>	<b>..114</b>
<b>ANEXO P – ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS .....</b>	<b>..115</b>
<b>ANEXO Q – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO DE REVISÃO INTEGRATIVA .....</b>	<b>..116</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O diabetes *mellitus* (DM) é um distúrbio crônico e metabólico, que apresenta a hiperglicemia como característica principal, decorrente de alterações na produção insuficiente de insulina, pelo pâncreas, ou pela sua deficiente utilização sistêmica (WHO, 2016). Atinge proporções epidêmicas, com estimativa de 425 milhões de portadores de DM mundialmente, e projeções que 693 milhões de pessoas sejam diagnosticadas com essa enfermidade em 2045 (IDF, 2017).

O diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2) corresponde a 90 a 95% de todos os casos de DM. Possui etiologia complexa e multifatorial, envolvendo componentes genético e ambiental, e apresenta-se com perda progressiva de secreção insulínica combinada com resistência à insulina (ADA, 2018). O mau controle glicêmico no curso da doença favorece a instalação de complicações crônicas (MARTIN *et al.*, 2012), dentre elas, podem-se destacar complicações musculoesqueléticas como a sarcopenia (KALYANI *et al.*, 2014) e complicações no sistema nervoso como a neuropatia diabética (ORLANDO *et al.*, 2016).

As pessoas com diabetes são mais propensas a experimentar a perda acelerada de massa, força e qualidade muscular ao longo do tempo, principalmente nos membros inferiores, em comparação com aqueles sem diabetes (GUERRERO *et al.*, 2016). Valores hiperglicêmicos prolongados no músculo esquelético podem causar alterações importantes na função, estrutura e força muscular (KRAUSE *et al.*, 2011). Tais efeitos do diabetes no músculo podem explicar por que pessoas com DM2 têm alto risco de desenvolver incapacidade funcional e limitações de mobilidade (KALYANE *et al.*, 2013), o que está relacionado com o aumento do risco de mortalidade nesses indivíduos (MIYAKE *et al.*, 2016).

Dentre as alterações neurológicas decorrentes do DM2, destaca-se a polineuropatia diabética distal (PNDD) que cursa com quadro doloroso simétrico devido a alterações vasculares, inflamatórias e bioquímicas (ROMÁN-PINTOS *et al.*, 2016), manifestando-se clinicamente nos membros inferiores também em consequência da redução da sensibilidade exteroceptiva e propioceptiva, alterações reumatológicas (ABATE *et al.*, 2013; UHL *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015), diminuição da amplitude de movimento e fraqueza muscular (ABATE *et al.*, 2013; FRANCIA *et al.*, 2015). Estima-se que quanto maior o tempo de DM, maior a prevalência de PNDD (KARKI *et al.*, 2016). Em virtude desse comprometimento

sensorial associado à PNDD, os indivíduos com DM apresentam maior déficit de equilíbrio, aumentando assim o risco de queda nessa população (MORISSON *et al.*, 2010; JERNIGAN *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2015).

Dessa forma, uma importante consequência do envelhecimento das pessoas com DM2 é a incapacidade física, especialmente a perda da mobilidade. A habilidade funcional se traduz como um conjunto de elementos como equilíbrio, marcha e coordenação. Assim, a dismobilidade torna esses indivíduos mais dependentes, conduz à perda de massa muscular e reduz a expectativa de vida (REJESKI *et al.*, 2012).

Nesse contexto, o exercício físico tem sido proposto como uma alternativa para minimizar tanto as alterações motoras causadas pelo DM2 (COLBERG *et al.*, 2010; SARTOR *et al.*, 2014), sendo considerado um dos pilares do tratamento para o DM2, ao lado da dieta e medicação de eficácia comprovada (SIGAL *et al.*, 2013).

Embora o treinamento aeróbio seja uma forma de terapia com exercícios já estabelecida para melhorar os perfis metabólicos, como hemoglobina glicada em pacientes com DM2, estudos recentes com treinamento resistido também têm observado melhora do controle glicêmico dessa população (YANG *et al.*, 2014; ISHIGURO *et al.*, 2015; NERY *et al.*, 2017). Além de fornecer vantagens, como a manutenção da densidade mineral óssea, aumento da força muscular e prevenção da osteoporose (WOOD & O'NEILL, 2012; HANDSACKER *et al.*, 2016; ORLANDO *et al.*, 2016), havendo, portanto, um crescimento do corpo de evidência clínica para apoiar o exercício de resistência para aqueles com DM2 (SIGAL *et al.*, 2013; ORLANDO *et al.*, 2016).

No entanto, ainda há poucos estudos que avaliaram o efeito do treinamento resistido sobre a função muscular de indivíduos com DM2 (EGGER *et al.*, 2012), e são escassos na literatura estudos que avaliam seu efeito de forma isolada no equilíbrio postural dessa população.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 DIABETES *MELLITUS*

#### 2.1.1 Conceito

O diabetes *mellitus* (DM) consiste em um distúrbio metabólico caracterizado por hiperglicemia persistente, decorrente de deficiência na produção de insulina ou na sua ação, ou em ambos os mecanismos, ocasionando complicações em longo prazo (IDF, 2017). Segundo a definição da Associação Americana de Diabetes o DM é uma doença complexa e crônica que requer cuidados médicos contínuos com estratégias multifatoriais de redução de risco além do controle glicêmico (ADA, 2018).

#### 2.1.2 Epidemiologia

O DM atinge proporções epidêmicas, com estimativa de 425 milhões de portadores de DM mundialmente, aproximadamente 8,8% da população mundial com 20 a 79 anos de idade. E as projeções são que 629 milhões de pessoas sejam diagnosticadas com essa enfermidade em 2045 (IDF, 2017).

Cerca de 75% dos casos são oriundos de países em desenvolvimento, onde deverá ocorrer o maior aumento de DM nas próximas décadas (IDF, 2017). No Brasil, a pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel), realizada pelo Ministério da Saúde em 2016, mostrou que o número de brasileiros diagnosticados com DM cresceu 61,8% nos últimos 10 anos, passando de 5,5% da população em 2006 para 8,9% em 2016. O estudo revelou ainda que as mulheres foram mais acometidas pela doença, passando de 6,3% para 9,9% no período, contra índices de 4,6% e 7,8% registrados entre os homens (Ministério da Saúde, 2017).

As complicações do DM constituem as principais causas de mortalidade precoce na maioria dos países; aproximadamente 4 milhões de pessoas com idade entre 20 e 79 anos morreram por DM em 2017, o equivalente a um óbito a cada 8 segundos. A doença cardiovascular é a principal causa de óbito entre as pessoas com DM, sendo responsável por aproximadamente metade dos óbitos por DM na maioria dos países. O DM é responsável por 10,7% da mortalidade mundial por todas as causas, e isso é maior do que a soma dos óbitos causados por doenças infecciosas (1,1 milhão por HIV/AIDS, 1,8 milhão por tuberculose e 0,4 milhão por malária) (IDF, 2017).

### 2.1.3 Classificação

O DM pode ser classificado nas seguintes categorias gerais (ADA, 2018):

- DM tipo 1: devido à destruição autoimune de células  $\beta$ , geralmente levando a deficiência absoluta de insulina;
- DM tipo 2: devido a perda progressiva de secreção de insulina pelas células  $\beta$  frequentemente devido a resistência à insulina;
- DM gestacional: diabetes diagnosticada no segundo ou terceiro trimestre da gravidez em mulheres que não tinham DM claramente evidente antes da gestação;
- Tipos específicos de DM devido a outras causas, por exemplo, síndromes de diabetes monogênicas (como diabetes neonatal e diabetes de início de maturação do jovem, doenças do pâncreas exócrino [como fibrose cística e pancreatite] e DM induzida por drogas ou produtos químicos, como o uso de glicocorticoides, no tratamento do HIV / AIDS ou após o transplante de órgãos).

#### 2.1.3.1 DM tipo 2

O DM tipo 2 (DM2), anteriormente referido como "diabetes não insulino-dependente" ou "diabetes adulta", representa 90-95% de todo o diabetes. Esta forma engloba indivíduos que têm deficiência de insulina relativa (e não absoluta) e possuem resistência à insulina periférica. Pelo menos inicialmente, e muitas vezes ao longo de sua vida, esses indivíduos podem não precisar de tratamento de insulina para sobreviver (SKYLER et al, 2017; ADA, 2018).

Existem várias causas de DM2. Embora as etiologias específicas não sejam conhecidas, a destruição autoimune de células  $\beta$  não ocorre e os pacientes não possuem nenhuma das outras causas conhecidas de DM. A maioria, mas nem todos os pacientes com DM tipo 2, são obesos ou com excesso de peso. O excesso de peso em si causa algum grau de resistência à insulina. Os pacientes que não são obesos ou com sobrepeso por critérios de peso tradicionais podem ter uma porcentagem aumentada de gordura corporal distribuída predominantemente na região abdominal (ADA, 2018).

O risco de desenvolver DM2 aumenta com a idade, obesidade e falta de atividade física. Ocorre com mais frequência em mulheres com DM gestacional anterior, em pacientes com hipertensão ou dislipidemia e em certos subgrupos raciais / étnicos (afro-americanos, americanos indianos, hispânicos / latino-americanos e asiáticos). Muitas vezes, ele está

associado a uma forte predisposição genética ou história familiar em parentes de primeiro grau, mais do que DM tipo 1. No entanto, a genética do DM2 é pouco conhecida (ADA, 2018).

#### **2.1.4 Diagnóstico do DM**

O diagnóstico de diabetes se baseia nos critérios da Associação Americana de Diabetes (ADA), que também são seguidos pela Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD). Um dos critérios é a glicemia ao acaso (coletada em qualquer horário do dia) acima de 200 mg/dL associada aos sintomas clássicos de DM, como sede excessiva, aumento da frequência para urinar e perda de peso não intencional. O diagnóstico laboratorial também pode ser realizado por meio da glicemia de jejum ( $\geq 126$  mg/dL), glicemia 2 horas após teste oral de tolerância à glicose ( $\geq 200$  mg/dL) e hemoglobina glicada (HbA1c)  $\geq 6,5\%$  (ADA, 2018).

A HbA1c oferece vantagens ao refletir níveis glicêmicos dos últimos 3 a 4 meses e ao sofrer menor variabilidade dia a dia, além de independender do estado de jejum para sua determinação (ADA, 2018).

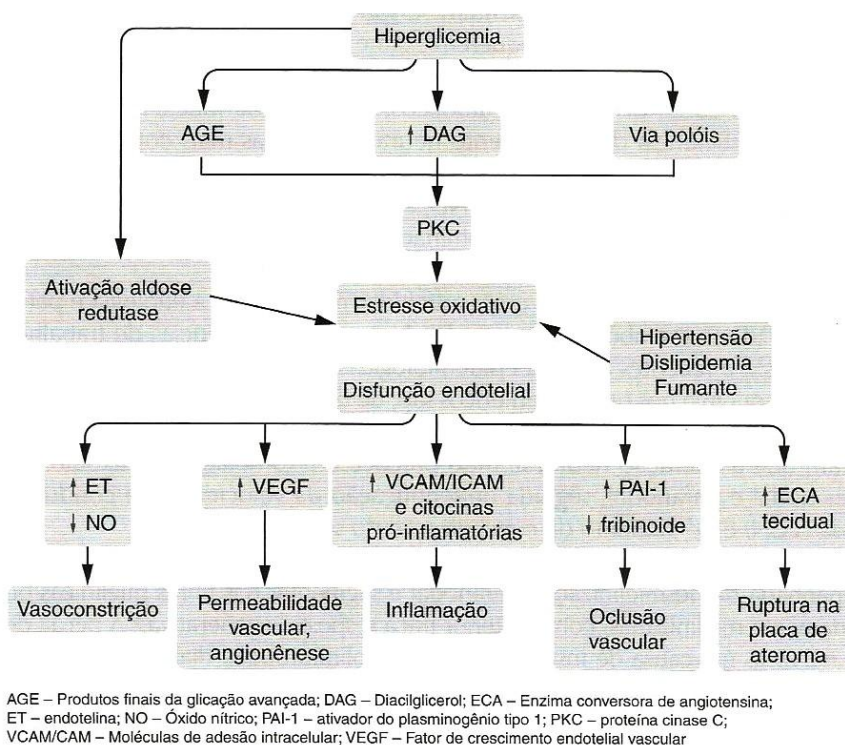
#### **2.1.5 Polineuropatia diabética distal (PNDD)**

Uma das principais complicações do DM são as neuropatias diabéticas (ND), que envolvem síndromes clínicas/subclínicas heterogêneas e complexas associadas à perda progressiva das fibras nervosas do sistema nervoso periférico, somático e autonômico acarretando graves sequelas nessa população (BOULTON et al, 2004). A apresentação clínica da polineuropatia sensitivo-motora crônica ou simétrica distal afeta mais de 50% dos indivíduos com DM e configura a maior representante do amplo espectro de apresentações possíveis da ND (BOULTON et al, 2005; TESFAYE et al, 2011). Na literatura, frequentemente é referida como neuropatia diabética periférica ou polineuropatia diabética distal (PNDD) (PEDROSA et al, 2014).

A PNDD é caracterizada por perda da sensibilidade periférica, especialmente dos membros inferiores, um mecanismo que, associado às consequentes deformidades nos pés, é fator de risco para o desenvolvimento de lesões e ulcerações, culminando no “pé diabético”, ou seja, no pé em situação de risco de amputação (BOULTON et al, 2005). Há comprometimento das fibras grossas ( $\beta$  e A- $\alpha$ ), com perda da propriocepção, do movimento articular e do *feedback* da percepção de posição pelos receptores nas pernas e nos pés; em estágios avançados, também há fraqueza muscular e alterações estruturais dos pés pelo comprometimento motor, favorecendo as quedas (VAN SCHIE, 2008).

A hiperglicemia aguda ou crônica é o gatilho das alterações bioquímicas e imunológicas, constituindo a base da patogenia das complicações. A ativação da via poli-ol, incremento do estresse oxidativo (com geração de espécies reativas de oxigênio [ROS, *reactive oxygen species*] e de nitrogênio [RNS, *reactive nitrogen species*]) além do acúmulo de produtos finais da glicação avançada (AGE, *advanced glycation end products*) resultam em um processo inflamatório e de secreção de citocinas pró-inflamatórias, com consequentes aumentos da permeabilidade vascular, angiogênese, vasoconstrição e isquemia (Figura 1) (BROWNLEE, 2001; BROWNLEE, 2005; PEDROSA et al, 2014). Essas modificações acarretam, portanto, complicações micro e macrovasculares, com danos à perfusão microvascular, fluxo insuficiente e, conseqüentemente, lesão neural (SHAKHER et al, 2011; PEDROSA et al, 2014).

**Figura 1.** Fisiopatologia da lesão microvascular.



Fonte: Neuropatias e pé diabético/Hermelinda C. Pedrosa, Lucio Vilar, Andrew J.M. Boulton. – 1.ed. – São Paulo: AC Farmacêutica, 2014. il.

O diagnóstico da PNDD baseia-se na caracterização do quadro clínico com os sintomas e sinais clínicos mais típicos e na realização de testes neurológicos. As principais manifestações clínicas de comprometimento somático são de dormência ou queimação em membros inferiores, formigamento, pontadas, choques, agulhadas em pernas e pés, desconforto ou dor ao toque de lençóis e cobertores e queixas de diminuição ou perda de



sensibilidade tátil, térmica ou dolorosa. Ainda que a predominância de sintomas e sinais se localize nos membros inferiores, os membros superiores podem também ser afetados (SBD, 2017).

O Consenso de Toronto (2010) sobre neuropatia diabética recomenda a velocidade de condução nervosa (VCN) como o teste mínimo objetivo e quantitativo para o diagnóstico em estudos epidemiológicos ou controlados em que há necessidade da gravidade da PNDD ser objeto de atenção e de investigação (TESFAYE et al, 2010). O Consenso define ainda os seguintes critérios mínimos para PNDD: 1.'Possível' - sintomas (queimação, parestesia [formigamento], dor [pontada, lancinante, choque], dormência) nos dedos, pés ou pernas; ou sinais (diminuição de sensibilidade ou ausência de reflexos aquileus); 2.'Provável' – dois ou mais sintomas e sinais de diminuição de sensibilidade ou ausência de reflexos aquileus; 3.'Confirmada' – VCN anormal e um ou mais sintomas ou um ou mais sinais. Se a VCN é normal, usar testes validados e de evidência A para avaliar neuropatia diabética de fibra fina (MALIK et al, 2011). 4.'Subclínica' – ausência de sinais ou sintomas e VCN anormal e teste validado para neuropatia diabética de fibra fina presente. Recomendando para uso clínico: definições 1, 2 e 3; e para pesquisa as definições 3 e 4 (TESFAYE et al, 2010).

No entanto, vários estudos vêm utilizando os escores de sintomas e de comprometimento neuropático, escores de função de atividades de vida diária, dentre outros validados (MEIJER et al, 2002; FORTALEZA et al, 2010; YANG et al, 2014; SANTOS et al, 2015)

Os testes neurológicos básicos envolvem a avaliação de sensibilidade e pesquisa de reflexos tendinosos. O diapasão 128 Hz e o martelo avaliam fibras grossas, sensitivas e motoras, para avaliação da sensibilidade vibratória e do reflexo Aquileu, respectivamente; enquanto o pino (neurotip) ou palito descartável avalia fibras finas sensitivas, para identificar a sensibilidade dolorosa ou o *pinprick*, que é a percepção da distinção de uma ponta romba e outra pontaguda (BOULTON et al, 2005). Todos esses testes foram validados em estudos prospectivos e podem ser usados para o diagnóstico de PNDD, em formato de escores (MOREIRA et al, 2005; SBD, 2017), ou para o diagnóstico da perda de sensibilidade protetora (monofilamento de Semmes-Weinstein 5.07 – 10 g) (PEDROSA et al, 2014; SBD, 2017).

## 2.2 ARQUITETURA E QUALIDADE MUSCULAR

A produção de força de um músculo depende das propriedades mecânicas de seu componente contrátil (proteínas contráteis: actina, miosina e outras), assim como do arranjo

de suas fibras no músculo e propriedades físicas do tendão (LIEBER, 2002). Tais características estruturais compõem a arquitetura muscular, que possui um papel primordial na produção de força e na determinação da função muscular. Diversos estudos relacionados à arquitetura muscular vêm sendo desenvolvidos para avaliar as adaptações do tecido submetido a condições de uso aumentado ou desuso, esclarecendo as mudanças e suas aplicações funcionais que podem determinar diretrizes para programas de treinamento e reabilitação (KAWAKAMI et al, 1993; KAWAKAMI et al, 1995; BLAZEVIČH et al, 2007; KORYAK, 2008; MIRZAYEV, 2017).

Parâmetros como espessura muscular e ângulo de penação são importantes para avaliar a função muscular durante movimentos humanos (EMA et al, 2013). A espessura muscular está relacionada à força (FREILICH et al, 1995), enquanto o ângulo de penação está relacionado à eficiência de transmissão da força das fibras musculares ao tendão (ALEXANDER et al, 1975). Quanto maior o ângulo de penação, maior a capacidade do músculo para produzir força (KAWAKAMI et al, 1993). Além disso, o volume muscular, bem como a área de secção transversa do músculo são valiosos preditores de força e potência muscular (IKAI; FUKUNAGA, 1968; MAUGHAN et al, 1984).

A avaliação dessas variáveis de arquitetura muscular tem sido realizada por inúmeros métodos, como por exemplo, a biopsia muscular, a ressonância magnética e a tomografia computadorizada. Entretanto, devido ao seu menor custo em relação a ressonância magnética e a tomografia, além de ser um método de avaliação não invasivo, a ultrassonografia vem sendo apresentada como uma alternativa para a avaliação dessas variáveis morfológicas envolvidas na produção de força, como o ângulo de penação, a área de secção transversa, e a espessura muscular (AAGAARD et al, 2001; REEVES et al, 2003).

Além dos parâmetros de arquitetura muscular, a qualidade muscular também uma medida importante relacionada a função muscular, pois reflete a capacidade funcional muscular. É também referida como tensão específica, e refere-se a produção de força por unidade de massa muscular (LYNCH et al, 1999; TRACY et al, 1999). Sua utilização pode dar suporte a observação de adaptações morfológicas e neurais em resposta a um programa de treinamento, destreino e envelhecimento, e ainda parece ser uma medida mais interessante do que apenas o valor de produção de força muscular, pois pode representar a capacidade funcional muscular.

Para variável de força na qualidade muscular, podem-se utilizar diferentes formas de avaliação, como por exemplo, o pico de força de uma contração isométrica ou a força dinâmica máxima, que pode ser obtida por meio do teste de 1 repetição máxima (1RM)

(MESS, 2010). Geralmente, a unidade muscular usada para o cálculo de qualidade muscular é a área de secção transversa ou o volume muscular (TRACY et al, 1999; ERSKINE et al, 2009). No entanto, a espessura muscular e a massa magra podem também ser utilizadas na avaliação deste parâmetro (ABE et al, 1997; PARK et al, 2007; CHOQUETTE et al, 2012; KALYANI et al, 2014).

### 2.3 DIABETES E FUNÇÃO MUSCULAR

O DM2 está associado com múltiplas disfunções musculares, incluindo redução da força, potência, massa e qualidade musculares, e alteração na composição do tipo de fibra (VOLPATO, 2012; ORLANDO et al, 2016). Alguns achados sugerem que os danos musculares associados a hiperglicemia começam no estágio inicial do DM2, e em fases posteriores, a PNDD pode acelerar a redução da força muscular (KALYANI et al, 2015).

Um estudo norte-americano confirmou uma diminuição na qualidade muscular (força em relação à massa) de pernas e braços em indivíduos com DM2, em comparação com um grupo de controle (WON et al, 2006). Outro estudo de acompanhamento durante um período de três anos descreveu maior perda de massa, força e qualidade dos músculos extensores do joelho em pacientes com DM2 em comparação com indivíduos sem DM2 (PARK et al, 2007).

Da mesma forma, um estudo coreano encontrou uma diminuição da massa muscular apendicular em adultos mais velhos com DM2 em comparação com um grupo controle controlado pela idade (KIM et al, 2010). Mulheres idosas com DM2 demonstraram redução da área de seção transversal da musculatura da coxa duas vezes mais rápido do que mulheres da mesma idade sem DM2 ao longo de 6 anos (NISHITANI et al, 2011). Além disso, a mobilidade prejudicada mostrou-se associada com a redução da força muscular de membros inferiores em pessoas com DM2 (IJZERMAN et al, 2012), e a velocidade da marcha também se apresentou reduzida nessa população (VOLPATO et al, 2012). Outro estudo mostrou ainda que pessoas com DM2 apresentam uma diminuição de força e potência do músculo quadríceps, bem como uma velocidade de marcha reduzida (KALYANI et al, 2013).

Em associação a esses achados sobre a função muscular de indivíduos com DM2, sabe-se que o DM2 é fator de risco para desenvolvimento da sarcopenia (UMEGAKI, 2015; WANG et al, 2016), que é uma condição caracterizada por perda progressiva e generalizada de massa e função do músculo esquelético (CEDERHOLM et al, 2015). E o processo de sarcopenia afeta diretamente a arquitetura muscular, reduzindo a área de secção transversa do músculo, o comprimento da fibra muscular, o volume e a espessura muscular e reduz a capacidade de força específica (força produzida por unidade de massa muscular) (NARICI et

al, 2003). No entanto, ainda não existem estudos que avaliaram as possíveis alterações da arquitetura muscular em indivíduos com DM2.

## 2.4 DIABETES E EXERCÍCIO

A atividade física é um dos pilares do tratamento do diabetes, e o impacto do combate ao sedentarismo nesse tratamento é enorme, seja na melhora do controle glicêmico, seja no melhor manejo de comorbidades, como excesso de peso, hipertensão arterial, dislipidemia, risco cardiovascular, entre outras coisas (SBD, 2017). A *American Heart Association* classifica, em nível máximo de evidência, que a prática regular de exercícios físicos melhora a sensibilidade à insulina, a glicemia de jejum e é capaz de diminuir os níveis de hemoglobina glicada (HbA1c) (AHA, 2009).

O exercício previne o DM2, principalmente nos grupos de maior risco, como os obesos e os familiares de indivíduos com DM2 (RYDEN et al, 2014; ADA, 2015). Em adição, indivíduos fisicamente ativos e aqueles com melhor condição aeróbica apresentam menor incidência de DM2 (HU et al, 2001; RYDEN et al, 2014; JURASCHEK et al, 2015)

Além disso, o exercício físico promove maior capilarização das fibras musculares e melhor função mitocondrial, melhorando a sensibilidade dos tecidos à insulina. Observa-se maior sensibilidade à insulina nas 24 a 72 h após uma sessão de exercício, com aumento da captação da glicose nos músculos e nos adipócitos e redução da glicemia sanguínea. O exercício também eleva a captação da glicose sanguínea para os músculos por mecanismos não dependentes de insulina, envolvendo o transportador de glicose 4 (GLUT4), proteína transportadora da glicose muscular ativada pela contração muscular (YOONMYUNG et al, 2013).

Estudos randomizados e metanálises demonstraram evidências que o exercício físico estruturado, que consiste em exercício aeróbico, (SIGAL et al, 2007; UMPIERRE et al, 2011) treinamento de resistência, ou ambos, por pelo menos 12 semanas, está associado à redução da HbA1c em 0,77% dos pacientes com DM2 em média, quando comparado com o grupo controle, e que maiores reduções da HbA1c são observadas em exercícios com duração superior a 150 minutos por semana (redução de 0,89%), em comparação com exercícios de duração menor (redução de 0,35%) (UMPIERRE et al, 2011).

Um estudo controlado e randomizado mostrou que tanto o exercício aeróbio quanto o resistido realizados durante 180 minutos por semana, por 12 semanas, sem restrição calórica resultou em reduções significativas na gordura total, adiposidade visceral, lipídios intra-hepáticos e na melhora da aptidão cardiorrespiratória em adolescentes obesos com DM2. No

entanto, o exercício de resistência foi mais efetivo na melhora da sensibilidade à insulina, massa muscular esquelética e força muscular (SOJUNG et al, 2012).

O treinamento aeróbico é tradicionalmente o mais estudado nessa população (YANG et al, 2014), e já foi demonstrado, também, que o treinamento combinado (aeróbico e resistido), promove melhoras ainda maiores no controle glicêmico dessa população (SIGAL et al, 2007). No entanto, cerca de 80% das pessoas com DM2 estão acima do peso ou obesas (IDF, 2017), e muitos têm problemas de mobilidade, neuropatia periférica, deficiência visual ou doença cardiovascular. Para estas pessoas, pode ser inviável alcançar o volume e a intensidade necessários de treinamento aeróbico (LINKE et al, 2011) e o treinamento resistido desponta como uma alternativa mais viável (YANG, et al, 2014; PESTA et al, 2017).

## 2.5 DIABETES, EQUILÍBRIO POSTURAL E EXERCÍCIO

Esse tópico da revisão da literatura está apresentado no formato de artigo de revisão integrativa submetido à revista **Pensar a prática**, periódico científico da Faculdade de Educação Física e Dança da Universidade Federal de Goiás, classificada como Qualis B5 para Medicina II, sendo estruturado de acordo com as normas de elaboração do manuscrito do referido periódico (ANPÊNDICE A).

### **3 HIPÓTESE**

A aplicação de um protocolo de treino resistido em indivíduos com DM2 e PNDD minimiza os déficits de função muscular e de equilíbrio postural, podendo ser proposto como medida profilática para a instalação ou diminuição dessas complicações decorrentes do DM2.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de um protocolo de treinamento resistido sobre a função muscular e equilíbrio postural de indivíduos com DM2 e PNDD.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mensurar os parâmetros antropométricos (peso, altura, índice de massa corpórea, composição corporal), antes e após intervenção;
- Avaliar sinais e sintomas da PNDD, antes e após intervenção;
- Avaliar força muscular de membros superiores e membros inferiores, antes e após intervenção;
- Avaliar equilíbrio postural estático e dinâmico, e risco de quedas, antes e após intervenção;
- Avaliar a arquitetura muscular do quadríceps com mensurações de espessuras dos músculos reto femoral, vasto intermédio e do quadríceps anterior, área de secção transversa e ângulo de penação do músculo reto femoral, antes e após intervenção;
- Avaliar a composição corporal com medidas de massa magra corporal total, percentual de gordura corporal e massa magra de pernas, antes e após intervenção.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 DESENHO DO ESTUDO

Trata-se de um ensaio clínico controlado e randomizado.

### 5.2 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado no Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no Laboratório Avançado de Educação Física e Saúde (LAEFES), no Complexo de laboratórios Prof. José César de Albuquerque Farias (PLIC) e no Laboratório Multiuso, ambos do Departamento de Educação Física da UFPE e no Laboratório de Neurociência Aplicada (LANA) do Departamento de Fisioterapia da UFPE.

### 5.3 SUJEITOS

Os indivíduos foram recrutados no setor de endocrinologia do Hospital das Clínicas da UFPE, no Núcleo de Apoio ao Idoso (NAI) da UFPE, através de divulgação com panfletos e no boletim informativo da UFPE (ASCOM).

Inicialmente, todos os pacientes foram avaliados clinicamente por meio de uma escala para diagnóstico da PNDD. Após a avaliação inicial, os participantes diagnosticados com PNDD e que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão foram randomizados em relação à prática ou não do treinamento físico em dois grupos: Grupo Controle (GC) e Grupo Treino (GT). Ambos os grupos receberam orientações de autocuidado em relação ao diabetes, e o grupo treinado, além das orientações, foi submetido a um protocolo de treinamento resistido.

#### 5.3.1 Tamanho amostral

O cálculo do tamanho amostral foi baseado no parâmetro de força de membros inferiores, utilizando o programa *GPower* versão 3.0.10. Para o cálculo foi realizado um estudo piloto envolvendo 10 pacientes distribuídos igualmente nos dois grupos do estudo.

Grupos com tamanhos iguais a 8 seriam suficientes para identificar uma diferença de médias pré e pós-intervenção da força de membros inferiores de pelo menos 25% com um poder de 80% e erro tipo 1 de 5%, admitindo-se uma diferença de médias  $\pm$  desvio padrão de 8,1 ( $\pm 3,7$ ) kg para o grupo controle, e 24,5 ( $\pm 17,1$ ) kg para o grupo treino. Prevendo-se uma taxa de perda de 30%, 24 pacientes deveriam ser incluídos na pesquisa, randomizados em dois grupos, distribuídos igualmente.



### **5.3.2 Randomização e alocação**

Os sujeitos foram randomizados de acordo com uma lista de números sequenciais de um a 20, por meio do programa *Random Allocation Software* versão 1.0., utilizando as palavras CONTROLE e TREINO. Outra pessoa alheia à pesquisa recebeu a lista de números randômicos e preparou envelopes opacos numerados sequencialmente de um a 20 contendo no interior o grupo para o qual cada paciente foi alocado.

### **5.3.3 Critérios de inclusão**

Foram incluídos no estudo: indivíduos portadores de Diabetes *mellitus* 2, diagnosticada há pelo menos 3 anos, com neuropatia periférica, de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 50 anos; com parecer cardiológico positivo para prática do treinamento físico; aptos a deambular sem assistência ou supervisão de outros, ausência de macroangiopatia, sem história de doenças neurológicas ou musculares fora da etiologia da diabetes e que concordaram em participar do estudo assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido conforme Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (APÊNDICE 2).

### **5.3.4 Critérios de exclusão**

Os critérios de exclusão aplicados foram: presença de hipertensão arterial não controlada (sistólica  $\geq 200$  mmHg e/ou diastólica  $\geq 100$  mmHg); presença de condição reumatológica que impossibilite a realização ativa dos movimentos realizados na avaliação e na intervenção terapêutica; indivíduos que realizam alguma atividade física regular; tabagismo, dependência de álcool e drogas ilícitas.

### **5.3.5 Critérios de descontinuação individual**

Foram critérios de descontinuação do estudo: não assiduidade ao programa de treinamento físico, considerada como 30% de faltas (10 sessões); descontrole glicêmico recorrente; lesões musculares, articulares ou instalação de patologias que impossibilitassem a realização do treinamento físico.

## **5.4 AVALIAÇÃO**

### **5.4.1 Anamnese e exame físico**

Foram coletados: dados de identificação pessoal; história clínica (hipertensão, complicações cardíacas, alterações neurológicas e alterações reumatológicas); história social

(tabagismo, etilismo e prática de atividade física); independência funcional e limitações nas atividades de vida diária (AVDs); medicações em uso e história de quedas e fraturas. Posteriormente foram aferidas a pressão arterial e frequência cardíaca, mensurados o peso, a altura e calculado o Índice de Massa Corporal (IMC) (APÊNDICE 3).

#### **5.4.2 Avaliação da polineuropatia diabética distal**

Para avaliação da neuropatia diabética foram utilizados a escala para diagnóstico da PNDD. As avaliações foram realizadas nos 2 pés, antes e após o período de intervenção (APÊNDICE 4).

A escala para diagnóstico da PNDD desenvolvida por Moreira et al. (2005), que representa uma escala traduzida e adaptada para o português das versões simplificadas do Escore de Sintomas Neuropáticos (ESN) e do Escore de Comprometimento Neuropático (ECN) (ANEXO I).

A avaliação foi realizada em uma sala isolada, sendo garantido o silêncio necessário para a realização do exame. Inicialmente foi aplicado o ESN através de perguntas realizadas para o indivíduo, e em seguida foram aplicados os testes para obtenção do ECN. Para o teste do reflexo Aquileu o indivíduo foi posicionado com o joelho apoiado sobre uma cadeira de forma que o pé relaxasse livremente. Com o martelo de borracha foi realizada uma ligeira percussão sobre o tendão de Aquiles. Posteriormente, o indivíduo foi posicionado em decúbito dorsal numa maca, com olhos vendados, onde foram avaliadas a sensibilidade dolorosa utilizando uma agulha de ponta romba na ponta do primeiro pododáctilo, a sensibilidade térmica utilizando dois tubos de ensaio contendo água quente e água gelada cada um na região da planta do pé logo abaixo do primeiro pododáctilo, e a sensibilidade vibratória utilizando um diapasão de 128Hz no apex do primeiro pododáctilo.

#### **5.4.3 Avaliação cardiológica**

Os indivíduos diagnosticados com PNDD foram encaminhados para uma avaliação cardiológica no setor de cardiologia do Hospital das Clínicas da UFPE. A avaliação incluiu a realização de eletrocardiograma, anamnese e posterior realização de teste ergométrico no próprio serviço, se necessário. Os indivíduos com parecer cardiológico favorável para realização da intervenção proposta foram incluídos na pesquisa e randomizados para alocação em um dos grupos da pesquisa.

#### 5.4.4 Avaliação de força muscular

A avaliação da força muscular foi obtida através do teste de 1 repetição máxima (1RM) nas máquinas de Supino Reto e de *Leg Press* para membros superiores e membros inferiores, respectivamente. O protocolo utilizado foi baseado nas recomendações de Brown e Weir (2001), e consistiu em sessões iniciais de familiarização nas máquinas utilizadas, com posteriores sessões para realização do Teste de Carga Relativa (TCR), utilizado para determinação das variáveis utilizadas nos modelos de predição de 1RM, para posterior obtenção do mesmo (APÊNDICE 5).

O TCR é caracterizado pela determinação do número máximo de repetições com uma carga submáxima que representa algum percentual da 1RM estimada, onde, o número de repetições deve ser igual ou menor a dez. A determinação da carga utilizada no TCR pode ser realizada por duas formas:

- a) Determinação da carga com base na experiência de treino do sujeito, onde, ele irá informar a carga equivalente para realizar, no máximo, dez repetições;
- b) Determinação da carga com base na percepção subjetiva do indivíduo e/ou do avaliador frente a experiência adquirida na sessão inicial da familiarização;

Após a realização do TCR, o 1RM predito foi calculado através da equação de regressão linear suportada por dados obtidos na avaliação submáxima TCR, onde,  $1RM = 100 \times P_{TCR} / (48,8 + 53,8 \times \exp [-0,075 \times R_{TCR}])$ .  $P_{TCR}$  = carga final utilizada no TCR e  $R_{TCR}$  = número de repetições alcançadas no TCR. Após no mínimo 48 horas após a realização do TCR, o teste de 1RM foi iniciado com as seguintes etapas:

- 1) Aquecimento geral: com duração de cinco minutos, realizado através de caminhada na esteira ergométrica (6-9 km/h) ou ciclismo de membros inferiores com baixa resistência: 40-60 rpm (nível 1; 25-50 watts);
- 2) Aquecimento específico:
  - a) Alongamento estático da musculatura que foi submetida ao teste;
  - b) Aquecimento com execução dos movimentos reais do teste, realizado em duas séries com intervalo de recuperação entre elas de 2 minutos e, logo após, IR de três minutos antes de submeter o indivíduo ao teste de 1RM. Sendo:
    - Primeira série: composta de 8 repetições com 50% da carga estimada com o modelo de predição de 1RM;

- Segunda série: composta de 3 repetições com 70% da carga estimada com o modelo de predição de 1RM;
- 3) O teste de 1RM foi realizado exatamente após o IR da última série de aquecimento específico, onde, as execuções consistem em repetições únicas com cargas progressivamente mais pesadas até a fadiga, sendo possível, no máximo, cinco tentativas. A primeira tentativa foi realizada utilizando 100% da carga estimada com o modelo de predição de 1RM. Em caso de fadiga, um peso de aproximadamente metade entre o último levantamento de sucesso e o de fadiga foi tentado, até que fosse determinada a 1RM no nível desejado de precisão.

Durante o teste o avaliador utilizou *feedbacks* a respeito do peso a ser levantado a cada tentativa, recebendo e analisando a percepção de esforço, e fornecendo encorajamento verbal aos participantes.

A avaliação de força muscular foi realizada antes e após a intervenção, no mesmo local e pelo mesmo avaliador que realizou a avaliação inicial.

#### **5.4.5 Avaliação de equilíbrio e risco de quedas**

A avaliação de equilíbrio e risco de quedas foi realizada por meio do *Biodex Balance System* (BBS) (*Biodex Balance System, New York, USA*).

A avaliação do equilíbrio estático foi realizada através do Teste de Estabilidade Postural, com a seguinte configuração: 3 testes de 20 segundos cada um, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 8 de estabilidade da plataforma.

Para avaliação do equilíbrio dinâmico foi utilizado o Teste de Limites de Estabilidade, com a seguinte configuração: 3 testes com duração correspondente ao tempo que o indivíduo necessitar para finalização de cada teste, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 8 de estabilidade da plataforma.

O risco de quedas foi avaliado com o protocolo *Fall Risk Test*: Teste de Risco de Quedas, no qual a plataforma é instável e permite obter o índice de risco. Para realização desse teste foi utilizada a seguinte configuração: 3 testes de 20 segundos cada um, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 6 de estabilidade da plataforma.

Em todos os testes os participantes foram posicionados no *Biodex Balance System* (BBS) em apoio bipodal, de olhos abertos e braços livres, fixando o visor de *feedback* durante toda a execução. Para os testes de equilíbrio estático e risco de quedas, os participantes tinham

que manter o ponto do visor o mais próximo possível do centro de um círculo dividido em zonas -A, B, C e D- movimentando o próprio corpo. Para o teste de equilíbrio dinâmico, o participante deveria movimentar o ponto do visor até os locais sinalizados em várias direções movimentando o próprio corpo.

Todos os testes foram realizados antes e após intervenção, com os participantes descalços e as posições dos pés são gravadas utilizando as coordenadas na grade da plataforma para garantir o mesmo posicionamento durante todo o teste.

#### **5.4.6 Avaliação da arquitetura muscular**

A avaliação de arquitetura muscular foi realizada por meio de imagens obtidas com aparelho de ultrassonografia (LOGIQ P5 GE), no modo B. Foi utilizado um transdutor com frequência de amostragem entre 10 – 13 MHz, e com uma área de visualização de 4 cm. A superfície do transdutor foi coberta com um gel transmissor solúvel em água promovendo o acoplamento acústico entre o transdutor e a pele, reduzindo significativamente a reflexão proporcionada pela interface ar/tecidos moles e evitando a deformação dos tecidos biológicos em função de uma eventual pressão sobre a sonda.

Foram avaliadas as espessuras musculares do reto femoral, vasto intermédio, a espessura anterior do quadríceps (reto femoral e vasto intermédio) e a área do músculo reto femoral. Além do ângulo de penação do músculo reto femoral.

As avaliações foram realizadas antes e após o período de intervenção, no membro dominante dos participantes. Todas as avaliações foram conduzidas no mesmo dia, e os participantes foram instruídos a se hidratar normalmente nas 24 horas antecedentes aos testes. As medidas pós-intervenção no grupo submetido ao treinamento físico foram obtidas 3 a 5 dias após a última sessão de treinamento para evitar o edema da musculatura que pode contribuir para o erro nas medições. Durante esse período, os participantes foram instruídos a não participar de qualquer outra sessão de exercício ou atividade física intensa.

Para a avaliação dos parâmetros do músculo quadríceps, o participante foi posicionado em decúbito dorsal, com 10° de flexão do joelho, e o transdutor será posicionado a 50% da distância entre o trocânter maior e a linha interarticular do joelho, de forma perpendicular para as mensurações de espessuras, e de forma longitudinal em relação ao músculo para as mensurações do ângulo de penação.

As imagens foram obtidas por 3 avaliadores, e cada avaliador realizou a captura de 3 imagens para as mensurações de cada parâmetro avaliado.

A espessura muscular do reto femoral foi definida como a distância linear entre as duas aponeuroses superficial e interna desse músculo. A espessura muscular do vasto intermédio foi definida como a distância linear entre a aponeurose superficial desse músculo e a superfície do fêmur. E a espessura anterior do quadríceps foi definida como a distância linear entre a aponeurose superficial do músculo reto femoral e a superfície fêmur.

#### **5.4.7 Avaliação da composição corporal**

A avaliação de composição corporal foi realizada por meio do equipamento de absorciometria de feixe duplo (DXA) (*GE Lunar Prodigy Pimo, Software Version 14.10 GE Medical Systems, Milwaukee, WI*), antes e após o período de intervenção. Os raios X são emitidos por uma fonte que passa por baixo do indivíduo, o qual permanece em posição supina sobre a mesa. Foram obtidos os dados de massa magra total corporal, percentual de gordura corporal, e massa magra das pernas.

### **5.5 INTERVENÇÃO**

#### **5.5.1 Informações sobre autocuidado relativas ao diabetes**

Os sujeitos dos dois grupos da pesquisa receberam informações sobre autocuidado relativas ao diabetes através de palestras e panfletos explicativos durante o período de intervenção.

#### **5.5.2 Protocolo de treinamento físico resistido**

O regime de treinamento consistiu em 3 sessões semanais (segundas, quartas e sextas-feiras), no período matutino, com duração aproximada de 60 minutos, durante um período de 12 semanas, totalizando 36 sessões.

As sessões de treinamento foram estruturadas da seguinte maneira:

- 1) Aferições da glicemia, pressão arterial, frequência cardíaca, e saturação periférica de oxigênio (APÊNDICE 6);
- 2) Alongamentos para os grandes grupos musculares (m. latíssimo do dorso; m. tríceps braquial; mm. romboides maior e menor; mm. flexores e extensores de punho e dedos; m. glúteo máximo; m. quadríceps; mm. isquiotibiais; m. tríceps sural);
- 3) Treinamento físico resistido;

- 4) Aferições da pressão arterial, frequência cardíaca e saturação periférica de oxigênio;

O treinamento físico resistido foi executado para membros superiores nas máquinas de Supino Reto Vertical, Puxada pela frente e Remada baixa e para membros inferiores, nas máquinas de *Leg Press*, Cadeira Extensora e Extensão da Panturrilha. A carga aplicada inicialmente para os exercícios de Supino Reto Vertical e *Leg Press* foi determinada como 70% do 1RM avaliado anteriormente. Para os demais exercícios a carga inicial foi colocada pelo avaliador frente à experiência adquirida na sessão inicial de familiarização. Nas sessões seguintes as cargas foram ajustadas continuamente de acordo com o *feedback* fornecido pelo sujeito através da Escala de Percepção de Esforço (PSE), onde as cargas foram sendo ajustadas visando manter uma percepção de esforço entre 7 a 8 na PSE. No primeiro exercício para membros superiores e no primeiro exercício para membros inferiores era realizada uma série para aquecimento com 15 repetições e utilizando a carga mínima da máquina. Posteriormente, eram realizadas 3 séries de cada exercício, com um intervalo de recuperação de 90 segundos entre as séries, sendo cada série composta de 8 a 12 repetições. Numa ficha individual foram registradas as cargas, o número de repetições, o PSE de cada série e o ajuste ergonômico de cada máquina utilizada (APÊNDICE 7).

Os indivíduos foram orientados a utilizar roupas leves e calçados adequados e após a avaliação inicial, caso a glicemia capilar fosse menor que 100 mg/dl, era solicitado a ingestão de 15 g a 30 g de carboidrato antes do treinamento. Indivíduos que apresentassem hiperglicemia não eram dispensados do treino, desde que estivessem se sentindo bem, preparados e aptos para o exercício, de acordo com as recomendações especiais para prática de exercício físico para indivíduos com DM2 (SIGAL, 2004).

## 5.6 ASPECTOS ÉTICOS

Esta pesquisa seguiu os princípios éticos de respeito à autonomia das pessoas, apontados pela Resolução n. 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS 466/12). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (Parecer nº 1.097.615; CAAE nº 45169515.7.0000.5208) (ANEXO III). Foi realizada a identificação do ensaio clínico no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos: RBR-3QQKSS. <http://www.ensaiosclnicos.gov.br/rg/RBR-3QQKSS/> (ANEXO IV).

## 5.7 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados com software SPSS versão 18, considerando uma confiabilidade de 95%. Os testes de *Shapiro-Wilk* e *Levene* foram utilizados para avaliar a normalidade e homogeneidade dos dados de cada grupo. A comparação intergrupo foi realizada utilizando a diferença de médias (pós-intervenção – pré-intervenção) de cada variável estudada em cada grupo. Para dados paramétricos, foi utilizado o teste *t* para amostras independentes, e para os dados não paramétricos foi utilizado o teste de *Mann-Whitney* para amostras independentes. Para análise dos dados dos indivíduos descontinuados do estudo foi realizada a análise por intenção de tratar. Os dados foram expressos em média e desvio padrão.



## 6 RESULTADOS

### 6.1 ARTIGO ORIGINAL 1

Artigo publicado na revista *PlosOne* (qualis A2 para área Medicina II da CAPES, fator de impacto 4.17); (ANEXO II).

### 6.2 ARTIGO ORIGINAL 2

#### **Efeito do treino resistido isolado sobre a força e arquitetura muscular, equilíbrio postural, composição corporal e sinais e sintomas da polineuropatia diabética distal de indivíduos com diabetes *mellitus* tipo 2: ensaio clínico controlado e randomizado**

\*Camilla Rodrigues de Souza Silva<sup>1</sup>, André dos Santos Costa<sup>2</sup>, Taciano Rocha<sup>3</sup>, Sandro Gonçalves de Lima<sup>4</sup>, Diogo Arruda Martins de Lima<sup>5</sup>, Tamires do Nascimento<sup>5</sup>, Sílvia Regina Arruda de Moraes<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil; <sup>2</sup>Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil; <sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil; <sup>4</sup>Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil; <sup>5</sup>Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil; <sup>6</sup>Departamento de Anatomia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

\*Departamento de Anatomia, Universidade Federal de Pernambuco, CEP: 50670-901, Recife, Brasil; Tel: 55 (81) 32126-8567; E-mail: ft.camillarodrigues@gmail.com

**Objetivo:** avaliar o efeito da aplicação de um protocolo de treinamento resistido sobre a força e arquitetura muscular, equilíbrio postural, composição corporal e sinais e sintomas da polineuropatia diabética distal (PNDD) de indivíduos com diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2). **Métodos:** ensaio clínico controlado e randomizado. Indivíduos com DM2, maiores de 50 anos e com PNDD foram randomizados em dois grupos, grupo controle (n=9) e grupo treino (n=12), que recebeu treinamento resistido, 3 vezes por semana, durante 12 semanas. A avaliação de força foi realizada por meio do teste de 1 repetição máxima (1RM) para membros superiores e inferiores. Foram avaliadas as espessuras dos músculos reto femoral e vasto intermédio, área de secção transversa do músculo reto femoral e ângulo de penação do músculo reto femoral por meio da ultrassonografia. A avaliação de equilíbrio estático, dinâmico e risco de quedas foi realizada com o *Biodex Balance System*, a massa magra corporal total e percentual de gordura foram avaliadas pelo equipamento de absorciometria de feixe duplo, e os escores de sintomas (ESN) e comprometimento (ECN) neuropáticos foram avaliados com a escala diagnóstica de PNDD. Para análise dos dados foi aplicado o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* nos dados, e a comparação intergrupo foi realizada com o teste t para dados paramétricos e com o teste de *Mann-Whitney* para dados não paramétricos. **Resultados:** houve melhora significativa no grupo treinado nas variáveis de força muscular: 1RM de Supino (p=0.03) e 1RM de *Leg Press* (p=0.01), na área de secção transversa do músculo reto femoral (p=0.02), e no ECN (p=0.02). **Conclusão:** o protocolo de treinamento resistido aplicado produziu melhoras na força muscular de membros superiores e inferiores, na área de secção transversa do músculo reto femoral e nos sinais da PNDD de indivíduos com DM2, mostrando ser uma intervenção útil para melhorar a força e função muscular e minimizar os danos ocasionados pela PNDD nessa população.

**Palavras-chave:** equilíbrio postural; força muscular; treinamento resistido, diabetes *mellitus* tipo 2, polineuropatia diabética distal, composição corporal.

Identificação do ensaio clínico: RBR-3QQKSS. <http://www.ensaiosclinicos.gov.br/rg/RBR-3QQKSS/>

## Introdução

O diabetes *mellitus* (DM) é um distúrbio crônico e metabólico, que apresenta a hiperglicemia como característica principal, decorrente de alterações na produção insuficiente de insulina, pelo pâncreas, ou pela sua má utilização sistêmica (WHO, 2016). Trata-se de um importante problema de saúde pública mundial, que, atualmente, atinge aproximadamente 425 milhões de pessoas, e estima-se que 693 milhões de pessoas sejam diagnosticadas com essa enfermidade em 2045 (IDF, 2017).

O mau controle glicêmico no curso da doença favorece a instalação de complicações crônicas (MARTIN *et al.*, 2012), dentre elas, podem-se destacar complicações musculoesqueléticas como a sarcopenia (KALYANI *et al.*, 2014) e no sistema nervoso como a polineuropatia diabética distal (PNDD) (ORLANDO *et al.*, 2016).

A PNDD apresenta-se com perdas progressivas na sensibilidade exteroceptiva e proprioceptiva (UHL *et al.*, 2014), com conseqüente déficit de equilíbrio nessa população (MORISSON *et al.*, 2010). Além disso, pode resultar também, na perda progressiva da força muscular dos membros inferiores, bem como atrofia muscular (ANDREASSEN *et al.*, 2014).

Diante disso, intervenções para aumento da força muscular têm sido sugeridas para melhora da mobilidade e qualidade de vida de pacientes com DM2 (IJZERMAN *et al.*, 2012). Dentre essas intervenções, destaca-se o treinamento físico, que já é considerado um dos pilares do tratamento para o DM2, ao lado da dieta e medicação de eficácia comprovada (SIGAL *et al.*, 2013; COLBERG *et al.*, 2016; ADA, 2018).

O treinamento aeróbico é tradicionalmente o mais estudado nessa população (YANG *et al.*, 2014). No entanto, há um crescente corpo de evidência clínica para apoiar a utilização do treinamento resistido em indivíduos com DM2 (PESTA *et al.*, 2017), pois cerca de 80% das pessoas com DM2 estão acima do peso ou obesas (IDF, *et al.*, 2017), e muitos têm problemas de mobilidade, neuropatia periférica, deficiência visual ou doença cardiovascular. Para estas pessoas, pode ser inviável alcançar o volume e a intensidade necessários de treinamento

aeróbico (LINKE et al, 2011) e o treinamento resistido desponta como uma alternativa mais viável (YANG, et al, 2014).

Muitos estudos mostraram benefícios do treinamento resistido na força muscular (CASTANEDA et al, 2002; CAUZA et al, 2009; LAROSE et al, 2010; EGGER et al, 2013; ORLANDO et al, 2016) e composição corporal (HOLTEN et al, 2004; BROOKS et al, 2006; EGGER et al, 2013; MAVROS et al, 2013; HAMASAKI et al, 2015; PARK et al, 2016). No entanto, diferentes protocolos de treinamento resistido ainda precisam ser estudados (ORLANDO et al, 2016), e, até o momento, não há relatos na literatura do seu efeito isolado sobre o equilíbrio postural, arquitetura muscular e os sinais e sintomas da PNDD em indivíduos com DM2.

Portanto, o presente estudo visa avaliar efeitos da aplicação de um protocolo de treino resistido moderado sobre a força e arquitetura muscular, equilíbrio postural, composição corporal, e sinais e sintomas da PNDD em indivíduos com DM2.

## **Métodos**

### **Tipo de estudo**

Foi realizado um ensaio clínico controlado randomizado.

### **Participantes**

Os participantes foram recrutados no setor de endocrinologia do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), através de divulgação por meio de panfletos e do boletim informativo virtual da UFPE.

O estudo foi realizado no Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco, no Complexo de laboratórios Prof. José César de Albuquerque Farias do departamento de Educação Física da UFPE, e no Laboratório de Neurociência Aplicada (LANA) do Departamento de Fisioterapia da UFPE.

### **Crítérios de inclusão**

Foram incluídos no estudo: indivíduos portadores de DM2, diagnosticada há pelo menos 5 anos, com idade igual ou superior a 50 anos, presença de PNDD diagnosticada através da escala para diagnóstico da PNDD (MOREIRA et al, 2005), aptos a deambular sem assistência ou supervisão de outros, ausência de macroangiopatia, sem história de doenças

neurológicas, musculares ou reumáticas fora da etiologia do diabetes e que concordaram em participar do estudo assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido conforme Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

### **Critérios de exclusão**

Os critérios de exclusão aplicados foram: presença de hipertensão arterial não controlada (sistólica  $\geq 200$  mmHg e/ou diastólica  $\geq 100$ mmHg); presença de condição reumatológica que impossibilitasse a realização ativa dos movimentos realizados na avaliação e na intervenção terapêutica; não assiduidade ao programa de treinamento; indivíduos que já realizassem alguma atividade física; tabagismo; dependência de álcool e drogas ilícitas; alteração no uso de corticosteroides.

### **Critérios de descontinuação individual**

Foram considerados critérios de descontinuação do estudo: não assiduidade ao programa de treinamento físico (30% de faltas: 10 sessões); descontrole glicêmico recorrente; lesões musculares e/ou articulares ou instalação de patologias que impossibilitassem a realização do treinamento físico.

### **Tamanho amostral**

O cálculo do tamanho amostral foi baseado no parâmetro de força de membros inferiores, utilizando o programa *GPower* versão 3.0.10. Para o cálculo foi realizado um estudo piloto envolvendo 10 pacientes distribuídos igualmente nos dois grupos do estudo.

Grupos com tamanhos iguais a 8 seriam suficientes para identificar uma diferença de médias pré e pós-intervenção da força de membros inferiores de pelo menos 25% com um poder de 80% e erro tipo 1 de 5%, admitindo-se uma diferença de médias  $\pm$  desvio padrão de 8,1 ( $\pm 3,7$ ) kg para o grupo controle, e 24,5 ( $\pm 17,1$ ) kg para o grupo treino. Prevendo-se uma taxa de perda de 30%, 24 pacientes deveriam ser incluídos na pesquisa, randomizados em dois grupos, distribuídos igualmente.

### **Randomização e alocação**

Os sujeitos foram randomizados de acordo com uma lista de números sequenciais de um a 24 (número de pacientes a serem randomizados), por meio do programa *Random Allocation Software* versão 1.0., utilizando as palavras TREINO e CONTROLE. Outra

pessoa, alheia à pesquisa, recebeu a lista de números randômicos e preparou envelopes opacos numerados sequencialmente de um a 24 contendo no interior o grupo para o qual cada paciente foi alocado.

### **Avaliação da PNDD**

Para avaliação da PNDD foi utilizada a escala para diagnóstico da PNDD desenvolvida por Moreira *et al.* (2005), que representa uma escala traduzida e adaptada para o português das versões simplificadas do Escore de Sintomas Neuropáticos (ESN) e do Escore de Comprometimento Neuropático (ECN). A avaliação foi realizada nos dois pés, antes e após o período de intervenção e a pontuação dos escores da escala foi registrada em uma ficha de avaliação individual.

A avaliação foi realizada em uma sala isolada, sendo garantido o silêncio necessário para a realização do exame. Inicialmente foi aplicado o ESN através de perguntas realizadas para o indivíduo, e em seguida foram realizados os testes para obtenção do ECN. Para o teste do reflexo Aquileu o indivíduo foi posicionado com o joelho apoiado sobre uma cadeira de forma que o pé relaxasse livremente. Com o martelo de borracha foi realizada uma ligeira percussão sobre o tendão de Aquiles. Posteriormente, o indivíduo foi posicionado em decúbito dorsal numa maca, com olhos vendados, onde foram avaliadas a sensibilidade dolorosa utilizando uma agulha de ponta romba na ponta do primeiro pododáctilo, a sensibilidade térmica utilizando dois tubos de ensaio contendo água quente e água gelada cada um na região da planta do pé logo abaixo do primeiro pododáctilo, e a sensibilidade vibratória utilizando um diapasão de 128Hz no *apex* do primeiro pododáctilo.

### **Avaliação de equilíbrio e risco de quedas**

A avaliação de equilíbrio e risco de quedas foi realizada por meio do *Biodex Balance System* (BBS) (*Biodex Balance System, New York, USA*).

A avaliação do equilíbrio estático foi realizada através do Teste de Estabilidade Postural, com a seguinte configuração: 3 testes de 20 segundos cada um, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 8 de estabilidade da plataforma. Para este teste foram colhidos dados de índice geral de estabilidade (OSI), índice de estabilidade anterior/posterior (API), índice de estabilidade medial/lateral (MLI).

Para avaliação do equilíbrio dinâmico foi utilizado o Teste de Limites de Estabilidade, com a seguinte configuração: 3 testes com duração correspondente ao tempo que o indivíduo

necessitar para finalização de cada teste, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 8 de estabilidade da plataforma. Para este teste foram colhidos dados de índice geral de limites de estabilidade (OD) e o tempo para conclusão do teste.

O risco de quedas foi avaliado com o protocolo *Fall Risk Tes*: Teste de Risco de Quedas, no qual a plataforma é instável e permite obter o índice de risco. Para realização desse teste foi utilizada a seguinte configuração: 3 testes de 20 segundos cada um, com descanso de 10 segundos entre os testes e nível 6 de estabilidade da plataforma. Para este teste foi colhidos o dado de índice geral estabilidade.

Em todos os testes os participantes foram posicionados no BBS em apoio bipodal, de olhos abertos e braços livres, fixando o visor de *feedback* durante toda a execução. Para os testes de equilíbrio estático e risco de quedas, os participantes tiveram que manter o ponto do visor o mais próximo possível do centro de um círculo dividido em zonas -A, B, C e D- movimentando o próprio corpo. Para o teste de equilíbrio dinâmico, o participante deveria movimentar o ponto do visor até os locais sinalizados em várias direções movimentando o próprio corpo.

Todos os testes foram realizados antes e após intervenção, com os participantes descalços e as posições dos pés gravadas utilizando as coordenadas na grade da plataforma para garantir o mesmo posicionamento durante todo o teste.

### **Avaliação de força muscular**

A avaliação da força muscular foi obtida através do teste de 1 repetição máxima (1RM) nas máquinas de Supino Reto e de *Leg Press* para membros superiores e membros inferiores, respectivamente. O protocolo utilizado foi baseado nas recomendações de Brown e Weir (2001), e consiste em sessões iniciais de familiarização nas máquinas utilizadas, com posteriores sessões para realização do Teste de Carga Relativa (TCR), utilizado para determinação das variáveis utilizadas nos modelos de predição de 1RM, para posterior obtenção do mesmo.

A avaliação de força muscular é realizada antes e após a intervenção, no mesmo local e pelo mesmo avaliador que realizou a avaliação inicial.

### **Avaliação da arquitetura muscular**

A avaliação de arquitetura muscular foi realizada por meio de imagens obtidas com aparelho de ultrassonografia (LOGIQ P5 GE), no modo B. Foi utilizado um transdutor com frequência de amostragem entre 10 – 13 MHz, e com uma área de visualização de 4 cm. A

superfície do transdutor foi coberta com um gel transmissor solúvel em água promovendo o acoplamento acústico entre o transdutor e a pele, reduzindo significativamente a reflexão proporcionada pela interface ar/tecidos moles e evitando a deformação dos tecidos biológicos em função de uma eventual pressão sobre a sonda.

Foram avaliadas as espessuras musculares do reto femoral, vasto intermédio, a espessura anterior do quadríceps (reto femoral e vasto intermédio), a área do músculo reto femoral, e o ângulo de penação do músculo reto femoral.

As avaliações foram realizadas antes e após o período de intervenção, no membro dominante dos participantes. Todas as avaliações foram conduzidas no mesmo dia, e os participantes foram instruídos a se hidratar normalmente nas 24 horas antecedentes aos testes. As medidas pós-intervenção no grupo submetido ao treinamento físico foram obtidas 3 a 5 dias após a última sessão de treinamento para evitar o edema da musculatura que pode contribuir para o erro nas medições. Durante esse período, os participantes foram instruídos a não participar de qualquer outra sessão de exercício ou atividade física intensa.

Para a avaliação dos parâmetros do músculo quadríceps, o participante foi posicionado em decúbito dorsal, com 10° de flexão do joelho, e o transdutor será posicionado a 50% da distância entre o trocânter maior e a linha interarticular do joelho, de forma perpendicular para as mensurações de espessuras, e de forma longitudinal em relação ao músculo para as mensurações do ângulo de penação.

As imagens foram obtidas sempre pelo mesmo avaliador, que realizou a captura de 3 imagens para as mensurações de cada parâmetro avaliado. A média das 3 mensurações de cada parâmetro avaliado foi utilizada para posterior análise estatística.

A espessura muscular do reto femoral foi definida como a distância linear entre as duas aponeuroses superficial e interna desse músculo. A espessura muscular do vasto intermédio foi definida como a distância linear entre a aponeurose superficial desse músculo e a superfície do fêmur. E a espessura anterior do quadríceps foi definida como a distância linear entre a aponeurose superficial do músculo reto femoral e a superfície fêmur.

### **Avaliação da composição corporal**

A avaliação de composição corporal, com medidas de percentual de gordura, massa magra, e índice de massa corpórea foi realizada por meio do equipamento de absorciometria de feixe duplo (DXA) (*GE Lunar Prodigy Pimo, Software Version 14.10 GE Medical Systems, Milwaukee, WI*), antes e após o período de intervenção.

## **Intervenção**

### **Informações sobre autocuidado relativas ao diabetes**

Os sujeitos dos dois grupos da pesquisa receberam informações sobre autocuidado relativas ao diabetes através de palestras e panfletos explicativos durante o período de intervenção.

### **Protocolo de treinamento físico resistido**

O regime de treinamento consistiu em 3 sessões semanais, no período matutino, com duração aproximada de 60 minutos, durante um período de 12 semanas. As sessões de treinamento foram estruturadas da seguinte maneira:

- 5) Aferições da glicemia, pressão arterial, frequência cardíaca, e saturação periférica de oxigênio;
- 6) Alongamentos para os grandes grupos musculares (m. latíssimo do dorso; m. tríceps braquial; mm. romboides maior e menor; mm. flexores e extensores de punho e dedos; m. glúteo máximo; m. quadríceps; mm. isquiotibiais; m. tríceps sural);
- 7) Treinamento físico resistido;
- 8) Aferições da pressão arterial, frequência cardíaca e saturação periférica de oxigênio;

O treinamento físico resistido foi executado para membros superiores nas máquinas de Supino Reto Vertical, Puxada pela frente e Remada baixa e para membros inferiores, nas máquinas de *Leg Press*, Cadeira Extensora e Extensão da Panturrilha. A carga aplicada inicialmente para os exercícios de Supino Reto Vertical e *Leg Press* foi determinada como 70% do 1RM avaliado anteriormente. Para os demais exercícios a carga inicial foi colocada pelo avaliador frente à experiência adquirida na sessão inicial de familiarização. Nas sessões seguintes as cargas foram ajustadas continuamente de acordo com o *feedback* fornecido pelo sujeito através da Escala de Percepção de Esforço (PSE), onde as cargas foram sendo ajustadas visando manter uma percepção de esforço entre 7 a 8 na PSE. No primeiro exercício para membros superiores e no primeiro exercício para membros inferiores era realizada uma série para aquecimento com 15 repetições e utilizando a carga mínima da máquina. Posteriormente, eram realizadas 3 séries de cada exercício, com um intervalo de recuperação de 90 segundos entre as séries, sendo cada série composta de 8 a 12 repetições. Numa ficha



individual foram registradas as cargas, o número de repetições, o PSE de cada série e o ajuste ergonômico de cada máquina utilizada.

Os indivíduos foram orientados a utilizar roupas leves e calçados adequados e após a avaliação inicial, caso a glicemia capilar fosse menor que 100 mg/dl, era solicitado a ingestão de 15 g a 30 g de carboidrato antes do treinamento. Indivíduos que apresentassem hiperglicemia não eram dispensados do treino, desde que estivessem se sentindo bem, preparados e aptos para o exercício, de acordo com as recomendações especiais para prática de exercício físico para pacientes diabéticos (SIGAL et al, 2004).

### **Aspectos Éticos**

Esta pesquisa seguiu os princípios éticos de respeito à autonomia das pessoas, apontados pela Resolução n. 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS 466/12). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (Parecer nº 1.097.615; CAAE nº 45169515.7.0000.5208).

### **Análise dos dados**

Os dados foram analisados com software SPSS versão 18, considerando uma confiabilidade de 95%. Os testes de *Shapiro-Wilk* e *Levene* foram utilizados para avaliar a normalidade e homogeneidade de os dados. ara cada grupo,. A comparação intergrupo foi realizada utilizando a diferença de médias (pós-intervenção – pré-intervenção) de cada variável estudada em cada grupo. Para dados paramétricos, foi utilizado o teste *t* para amostras independentes, e para os dados não paramétricos foi utilizado o teste de *Mann-Whitney* para amostras independentes. Para análise dos dados dos indivíduos descontinuados do estudo foi realizada a análise por intenção de tratar. Os dados foram expressos em média e desvio padrão.

### **Resultados**

Dos 66 indivíduos considerados elegíveis para o estudo, 21 preencheram os critérios de inclusão e foram randomizados, e desses, 3 foram descontinuados do estudo (14% de perda de seguimento), porém foram analisados por intenção de tratar, como apresentado no

Fluxograma dos participantes (Figura 1). As características clínicas e antropométricas da amostra estão apresentadas na Tabela 1.

Foi observada melhora significativa no grupo treinado na variável de ECN ( $p=0.02$ ), bem como nas variáveis de força muscular: 1RM de Supino ( $p=0.03$ ) e 1RM de *Leg Press* ( $p=0.01$ ). Dos parâmetros avaliados de arquitetura muscular, apenas a área de secção transversa do músculo reto femoral apresentou aumento significativo do grupo treinado em relação ao grupo controle ( $p=0.02$ ) (Figura 2). As demais variáveis de equilíbrio, composição corporal e ESN não apresentaram diferenças significativas entre os grupos (Tabela 2).

## Discussão

Os resultados encontrados no nosso estudo mostraram que um protocolo de 12 semanas de treinamento resistido moderado melhorou a força muscular de membros superiores e inferiores, a área de secção transversa do músculo reto femoral e o ECN de indivíduos com DM2 com diagnóstico clínico de PNDD.

Quanto à melhoria na força muscular, nossos achados nessa variável estão de acordo e reforçam resultados de estudos prévios. Os ganhos de força muscular já são bem estabelecidos após a aplicação de treinamentos resistidos nessa população (SIGAL et al, 2013; UMEGAKI, 2015). Revisão sistemática anterior (GORDON et al, 2009) e uma metanálise recente (LEE et al, 2017) mostraram estudos que também apresentaram ganhos significativos de força muscular utilizando protocolos semelhantes ao do nosso estudo, com intensidades moderadas, frequência (3 vezes por semana) e com mesmo método de avaliação de força muscular (1RM) (HONKOLA et al, 1997; CASTANEDA et al, 2002; IBANES et al, 2005; BROOKS et al, 2007).

No entanto, apesar dos ganhos na força muscular, entre os parâmetros de arquitetura muscular do quadríceps avaliados (espessuras dos músculos reto femoral e vasto intermédio, área de secção transversa do músculo reto femoral e ângulo de penação do músculo reto femoral), apenas a área de secção transversa do músculo reto femoral apresentou um aumento significativo após a aplicação do treinamento resistido. Ao nosso conhecimento, não existem estudos que tenham avaliado esses parâmetros em indivíduos com DM2, o que dificultou a comparação dos nossos achados com outros estudos.

O aumento da área de secção transversa do músculo reto femoral observado no presente estudo é um achado relevante, visto que esse parâmetro está relacionado com a quantificação da capacidade de produção de força muscular, sendo significativamente

correlacionada com a contração voluntária máxima do quadríceps (SEYMOUR et al, 2009; HACKER et al, 2016). Tal resultado mostra, portanto, que o treino resistido pode proporcionar benefícios para indivíduos com DM2, visto que eles apresentam redução de força e potência do quadríceps, e isto está relacionado à presença de comorbidades e a uma caminhada mais lenta quando comparados com indivíduos saudáveis (KALYANI et al, 2013).

Em indivíduos saudáveis, Scanlon e colaboradores (2014) observaram, após a aplicação de um treinamento resistido de curta duração (6 semanas), um aumento da área de secção transversa do músculo vasto lateral. No entanto, no mesmo estudo, a área de secção transversa e o ângulo de penação do músculo reto femoral não apresentaram alteração significativa após o treinamento resistido. Os autores atribuíram esses resultados ao curto período de treinamento. Porém, mesmo com uma maior duração (12 semanas), nosso protocolo não foi suficiente para mostrar ganhos no ângulo de penação do músculo reto femoral, bem como na espessura desse músculo, do vasto intermédio e do quadríceps anterior.

Uma hipótese para esses resultados é que os déficits musculares ocasionados pelo DM2 somados aos déficits ocasionados pelo envelhecimento podem ter influenciado esses resultados de forma a retardar ou dificultar os ganhos na arquitetura muscular desses indivíduos após uma intervenção como o protocolo de treinamento resistido aplicado nesse estudo.

Outro achado importante desse estudo foi a diminuição dos sinais de PNDD, observada no grupo que realizou o protocolo de treinamento resistido por meio da diminuição do ECN. A insensibilidade causada pela PNDD resulta da exposição prolongada à hiperglicemia associada a fatores cardiovasculares levando a danos às fibras nervosas finas (diminuição ou ausência de sensibilidade dolorosa e térmica) e às fibras nervosas grossas (diminuição ou ausência de sensibilidade vibratória e protetora) e conseqüente, perda de propriocepção plantar (PEDROSA et al, 2014).

Em estudo prévio, Kluding e colaboradores (2012) observaram um aumento das ramificações das fibras nervosas cutâneas, além de redução da dor e dos sintomas neuropáticos após a aplicação de um protocolo de 10 semanas de treinamento físico combinado (associação do treinamento resistido ao treinamento aeróbio) supervisionado em 17 indivíduos com PNDD. Entretanto, o estudo não teve como quantificar a participação do treinamento resistido no aumento dessas ramificações nervosas cutâneas, pois as intervenções foram associadas. Porém, visto a melhora do ECN observada no presente estudo, que utilizou o treinamento resistido de forma isolada, essa intervenção parece contribuir na regeneração dessas fibras nervosas. Nosso estudo, no entanto, não observou melhora nos sintomas

neuropáticos, como foi observado no estudo anteriormente citado (KLUDING et al, 2012). Porém, diferente do nosso estudo, os próprios autores mencionaram como limitação do estudo a falta de um grupo controle, o que limita a interpretação desses resultados.

Os ganhos de força muscular e ECN, no entanto, não foram suficientes para provocar uma melhora significativa nas variáveis de equilíbrio postural estudadas após a aplicação do protocolo de treinamento resistido de forma isolada. No nosso conhecimento, esse foi o primeiro estudo que avaliou o efeito de um treinamento resistido, sem associação a outros tipos de treinamento, sobre parâmetros de equilíbrio postural, risco de quedas e sinais e sintomas de PNDD em pessoas com DM2. Os estudos que se propuseram a avaliar os efeitos do treinamento resistido em indivíduos com DM2 sobre o equilíbrio o fizeram associando-o a outros protocolos de treinamento, como o treino de equilíbrio (RICHARDSON et al, 2001; MORRISON et al, 2010; ALLET et al, 2010) e o treino aeróbico também por 12 semanas (KRUSE et al, 2010). Nessas condições, os referidos estudos demonstraram melhorias em parâmetros de equilíbrio estático e dinâmico, e um desses estudos mostrou também melhora no risco de quedas, porém quando avaliado por uma escala de medo de risco de quedas, “*Falls Efficacy Scale International*” (ALLET et al, 2010), diferente do nosso estudo, que utilizou um instrumento mais moderno (BBS) com um protocolo de medida direta desse parâmetro. Além disso, devido às associações com outros treinamentos, não há como inferir o quanto o treino resistido contribuiu para melhorar o equilíbrio desses indivíduos, apesar dos ganhos nas variáveis avaliadas nesses estudos.

Ainda em relação ao equilíbrio, estudo prévio demonstrou uma correlação significativa entre a força do músculo quadríceps, um dos principais músculos ativados durante a execução do *Leg press*, e o equilíbrio também avaliado pelo BBS em mulheres jovens saudáveis (WANG et al, 2016). No entanto, a melhora de força muscular avaliada através do 1RM de *Leg press* no presente estudo não foi suficiente para mostrar ganhos significativos nos parâmetros de equilíbrio avaliados por meio do BBS.

Benefícios significativos também não foram observados pela aplicação do protocolo de treinamento resistido na composição corporal avaliada pela massa magra e percentual de gordura corporal total. Atualmente, a resposta à aplicação do treinamento resistido sobre os parâmetros de composição corporal em indivíduos com DM2 ainda não está totalmente esclarecida. Enquanto alguns estudos mostraram melhoras significativas na massa magra e redução do percentual de gordura (CASTANEDA et al, 2002; DUNSTAN et al, 2002; KWON et al, 2010; MAVROS et al, 2013), outros não observaram nenhuma alteração em algum desses parâmetros (SIGAL et al, 2007; CHURCH et al, 2010; LEE et al, 2017). A

metanálise realizada por Lee et al. (2017), também não observou resultados favoráveis para o grupo intervenção em relação aos parâmetros de massa magra analisando os resultados de quatro estudos. Porém, nessa metanálise apenas foram incluídos estudos com idosos portadores de DM2, enquanto que no nosso estudo, foram incluídos indivíduos um pouco mais jovens, acima dos 50 anos, embora a média de idade dos participantes da nossa amostra tenha sido de 60,9 anos.

Uma possível explicação para a não melhoria nos parâmetros de composição corporal no nosso estudo é que muitos indivíduos não controlavam satisfatoriamente seus valores glicêmicos por não controlarem adequadamente seus hábitos alimentares. Apesar da ministração de palestras educativas para os participantes, não houve um acompanhamento nutricional, o que pode interferir na progressão do déficit causado pela PNDD (COLBERG et al, 2010).

Finalmente, a falta do monitoramento do controle glicêmico por meio do teste da hemoglobina glicada nos participantes pode ter prejudicado a interpretação dos nossos resultados, visto que não foi possível avaliar se o treinamento resistido realizado foi efetivo na redução dos níveis de hemoglobina glicada, com consequente redução das complicações ocasionadas nas variáveis de equilíbrio, composição corporal, força e sinais e sintomas da PNDD nesses indivíduos.

## **Conclusão**

O presente estudo mostrou que a aplicação de um protocolo de treinamento resistido durante doze semanas, produziu um ganho significativo na força muscular dos membros superiores e inferiores, na área de secção transversa do músculo reto femoral e nos sinais da PNDD de indivíduos com DM2, mostrando ser uma intervenção útil para melhorar a força e função muscular e minimizar os danos ocasionados pela PNDD nessa população.

## **Referências**

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Report on Diabetes**. p. 978-88, 2016.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas**, 2017. Disponível em: [www.diabetesatlas.org](http://www.diabetesatlas.org).

MARTIN, I. S. et al. Causas referidas para o desenvolvimento de úlceras em pés de pessoas com diabetes *mellitus*. **Acta Paul Enferm**, v. 25, n. 2, p. 218-24, 2012.

KALYANI, R. R.; CORRIERE, M.; FERRUCCI, L. Age-related and disease-related muscle loss: The effect of diabetes, obesity, and other diseases. **Lancet Diabetes Endocrinol**. v. 2, p.

819–29, 2014.

ORLANDO, G. et al. Neuromuscular dysfunction in type 2 diabetes: Underlying mechanisms and effect of resistance training. **Diabetes Metab Res Rev.** v. 32, p. 40–50, 2016.

UHL R. L. et al. Diabetes mellitus: musculoskeletal manifestations and perioperative considerations for the orthopaedic surgeon. **J Am Acad Orthop Surg.** v. 22, p. 183–92, 2014.

MORRISON, S. et al. Balance Training Reduces Falls Risk in Older Individuals With Type 2 Diabetes. **Diabetes Care.** v. 33, p. 748–50, 2010.

ANDREASSEN C. S. et al. Striated muscle fiber size, composition, and capillary density in diabetes in relation to neuropathy and muscle strength. **J Diabetes.** v. 6, n. 5, p. 462-71, 2014.

IJZERMAN, T.H. et al. Lower extremity muscle strength is reduced in people with type 2 diabetes, with and without polyneuropathy, and is associated with impaired mobility and reduced quality of life. **Diabetes Res Clin Pract.** v. 95, n. 3, p. 345–351, 2012.

SIGAL, R. J. et al. Physical activity and diabetes. **Can J Diabetes.** v. 37, p. 40-4, 2013.

COLBERG, S. R. et al. **Physical activity/exercise and diabetes:** a position statement of the American diabetes association. **Diabetes Care.** v. 39, p. 2065–79, 2016.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standards of Medical Care in Diabetes. **Diabetes Care.** v. 41, p. S1–S2, 2018.

YANG, Z. et al. Resistance Exercise Versus Aerobic Exercise for Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med.** v. 44, p. 487, 2014.

PESTA, D. H. et al. Resistance training to improve type 2 diabetes: working toward a prescription for the future. **Nutrition & Metabolism.** v. 14, p. 24, 2017.

LINKE, S. E.; GALLO, L. C.; NORMAN, G. J. Attrition and Adherence Rates of Sustained vs. Intermittent Exercise Interventions. **Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine.** v. 42, n. 2, p. 197-209, 2011.

CASTANEDA, C. 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. 2335–41, 2002.

CAUZA, E. et al. Effects of progressive strength training on muscle mass in type 2 diabetes mellitus patients determined by computed tomography. **Wien Med Wochenschr.** v. 159, n. 5-6, p. 141-7, 2009.

LAROSE, J. et al. Effect of exercise training on physical fitness in type II diabetes mellitus. **Med Sci Sports Exerc.** v. 42, n. 8, p. 1439-47, 2010.

EGGER, A. **Different types of resistance training in type 2 diabetes mellitus: effects on glycaemic control, muscle mass and strength.** *European Journal of Preventive Cardiology*. v. 20, p.1051 - 1060, 2012.

ORLANDO, G. et al. Neuromuscular dysfunction in type 2 diabetes: Underlying mechanisms and effect of resistance training. *Diabetes Metab Res Rev*. v. 32, p. 40–50, 2016.

HOLTEN, M. K. et al. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes*. v. 53, n. 2, p. 294-305, 2004.

BROOKS, N. et al. Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *Int J Med Sci*. v. 18, n. 4, p. 19-27, 2007.

MAVROS, Y. 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. 2372-9, 2013.

HAMASAKI, H. et al. Associations of Low-Intensity Resistance Training with Body Composition and Lipid Profile in Obese Patients with Type 2 Diabetes. *PLoS ONE*. v. 10, n. 7, 2015.

PARK, B. S. et al. Effects of Elastic Band Resistance Training on Glucose Control, Body Composition, and Physical Function in Women With Short- vs. Long-Duration Type-2 Diabetes. *J Strength Cond Res*. v. 30, n. 6, p. 1688-99, 2016.

MOREIRA, R. O. et al. Tradução para o português e avaliação da confiabilidade de uma escala para diagnóstico da polineuropatia distal diabética. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. v. 49, p. 944–50, 2005.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. **ASEP Procedures Recommendation I: Accurate Assessment of Muscular Strength and Power.** *JEPonline*. v. 4, n. 3, p. 1-21, 2001.

SIGAL, R. J. et al. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. *Diabetes Care*. v. 27, n. 10, p. 2518-39, 2004.

UMEGAKI, H. Sarcopenia and diabetes: Hyperglycemia is a risk factor for age-associated muscle mass and functional reduction. *Journal of Diabetes Investigation*. v. 6, n. 6, p. 623-624, 2015.

GORDON, B. A. et al. Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Res Clin Pract*. v. 83, n. 2, p. 157-75, 2009.

LEE, J.; KIM, D.; KIM, C. Resistance Training for Glycemic Control, Muscular Strength, and Lean Body Mass in Old Type 2 Diabetic Patients: A Meta-Analysis. *Diabetes Therapy*. v. 8, n. 3, p. 459-73, 2017

HONKOLA, A.; FORSÉN, T.; ERIKSSON, J. Resistance training improves the metabolic profile in individuals with type 2 diabetes. *Acta Diabetol*. v. 34, p. 245–8, 1997.

IBAÑEZ, J. 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. 662-7, 2005.

SEYMOUR, J. M. et al. Ultrasound measurement of rectus femoris cross-sectional area and the relationship with quadriceps strength in COPD. **Thorax**. v. 64, n. 5, p. 418-23 2009.

HACKER, E. D. et al. Ultrasound Assessment of the Rectus Femoris Cross-Sectional Area: Subject Position Implications. **West J Nurs Res**. v. 38, n. 9, p. 1221-30, 2016.

KALYANI, R. R. et al. Quadriceps strength, quadriceps power, and gait speed in older U.S. adults with diabetes mellitus: results from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2002. **Journal of the American Geriatrics Society**. v. 61, p. 769–775, 2013

SCANLON, T. C. et al. Muscle architecture and strength: adaptations to short-term resistance training in older adults. **Muscle Nerve**. v. 49, n. 4, p. 584-92, 2014.

PEDROSA, H. C. et al. Neuropatias e Pé Diabético. **AC Farmacêutica**. Rio de Janeiro, 2014.

KLUDING, P.M. et al. The Effect of Exercise on Neuropathic Symptoms, Nerve Function, and Cutaneous Innervation in People with Diabetic Peripheral Neuropathy. **Journal of diabetes and its complications**.v. 26, n. 5, p. 424-9, 2012.

RICHARDSON, J. K.; SANDMAN, D.; VELA, V. A focused exercise regimen improves clinical measures of balance in patients with peripheral neuropathy. **Arch Phys Med Rehabil**. v. 82, n. 2, p. 205-9, 2001.

ALLET L, et al. The gait and balance of patients with diabetes can be improved: a randomised controlled trial. **Diabetologia**. v. 53, p. 458–66, 2010.

KRUSE, R.L.; LEMASTER, J.W.; MADSEN, R. W. Fall and Balance Outcomes After an Intervention to Promote Leg Strength, Balance, and Walking in People With Diabetic Peripheral Neuropathy: “Feet First” Randomized Controlled Trial. **Physical Therapy**, v. 90, n. 11, p. 1568-1579, 2010.

WANG, T. et al. Type 2 diabetes mellitus is associated with increased risks of sarcopenia and pre-sarcopenia in Chinese elderly. **Scientific Reports**. v. 6, p. 38937, 2016.

DUNSTAN, D. W. et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. **Diabetes Care**. v. 25, n. 10, p. 1729-36, 2002.

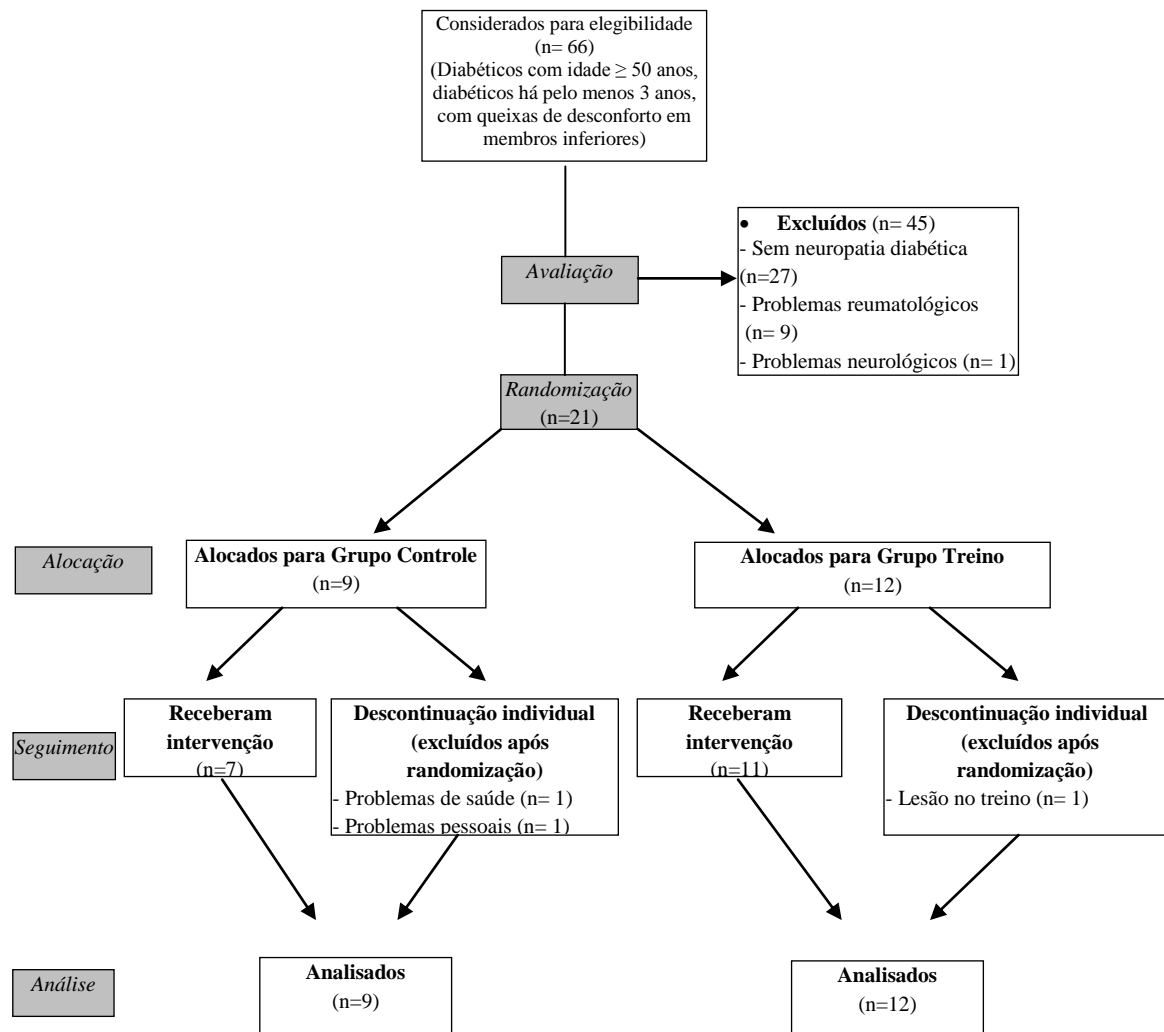
KWON H. R. et al. The Effects of Resistance Training on Muscle and Body Fat Mass and Muscle Strength in Type 2 Diabetic Women. **Korean Diabetes Journal**. v. 34, n. 2, p. 101-10, 2010.

MAVROS, Y. 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. 2372-9, 2013.

SIGAL, R. J. et al. Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Glycemic Control in Type 2 Diabetes. **Ann Intern Med**. v. 147, p. 357, 2007.



COLBERG, S. R. et al. Exercise and type 2 diabetes: The American College Of Sports Medicine and The American Diabetes Association: Joint position statement executive summary. **Diabetes Care**. v. 33, p.2692–6, 2010.



**Figura 1.** Fluxograma de acompanhamento dos participantes.

**Tabela 1.** Características clínicas e antropométricas da amostra.

<b>Característica</b>	<b>CONTROLE (n=9)</b>	<b>TREINO (n=12)</b>
Idade (anos) (média/DP)	62,8 (±6,6)	59,4 (±4,8)
Homem/Mulher (n/n)	(1/8)	(6/6)
Altura (cm) (média/DP)	158,5 (±6,3)	161,2 (±9,9)
Peso (kg) (média/DP)	71,8 (±10)	73,2 (±9,9)
IMC (kg/cm <sup>2</sup> ) (média/DP)	28,5 (±3,4)	28,3 (±4,6)
Tempo de diabetes (anos)	17,8 (±10,6)	14,7 (±10,6)
Insulina (n/%)	3/33%	4/33%
Hipoglicemiantes orais (n/%)	9/100%	12/100%

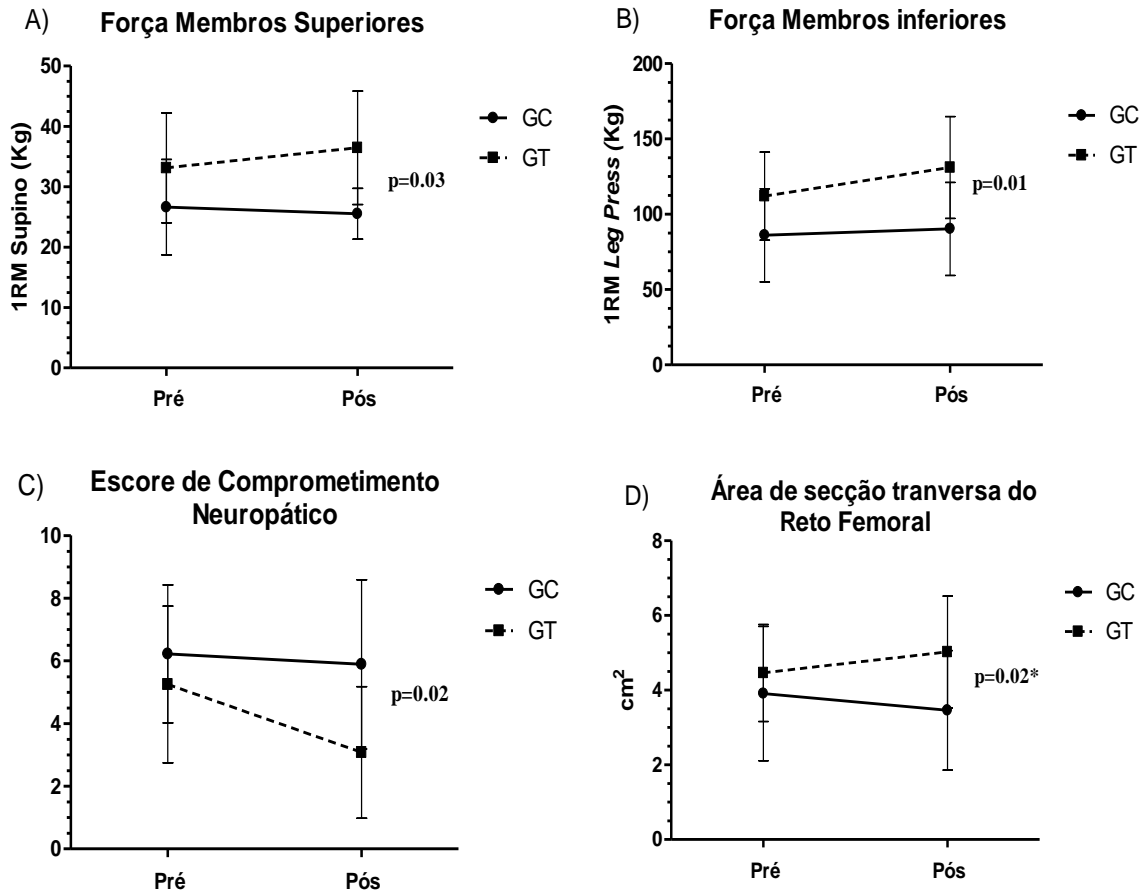
n: amostra, DP: desvio padrão, cm: centímetros, kg: quilogramas, IMC: índice de massa corpórea.

**Tabela 2.** Comparação intergrupo entre as diferenças de médias nos momentos pré e pós-intervenção das variáveis de força muscular, equilíbrio postural, composição corporal e PNDD.

VARIÁVEIS	GRUPOS						Inter P
	CONTROLE (n=9)			TREINO (n=12)			
	Pré Média (±DP)	Pós Média (±DP)	Dif_Pós- Pré Média (±DP)	Pré Média (±DP)	Pós Média (±DP)	Dif_Pós- Pré Média (±DP)	
<b>Força muscular (kg)</b>							
1RM Supino	26.64 (±7.9)	25.53 (±4.2)	-1.1(±5.4)	33.12(±9.1)	36.45 (±9.4)	3.3(±3.1)	0.03*
1RM Leg Press	86.02 (±30.9)	90.27 (±30.9)	4.2(±5.3)	112.02 (±29.2)	131.05 (±33.8)	19.03 (±18.2)	0.02*
<b>Arquitetura muscular</b>							
Espessura RF (mm)	11.55 (±2.7)	11.99 (±2.3)	0.44(±1.5)	12.78 (±2.3)	13.61(±2)	0.83 (±1.2)	0.56
Espessura VI (mm)	11.03 (±3.1)	11.27 (±2.7)	0.24(±1.1)	13.25 (±3.1)	14.21(±2.9)	0.95 (±2.5)	0.40
Espessura do quadríceps anterior (mm)	23.63 (±5.4)	24.67 (±4.5)	1.04(±2.5)	27.51 (±4.6)	29.13(±4.1)	1.6(±3.7)	0.69
Àrea do RF (cm <sup>2</sup> )	3.91(±1.8)	3.46 (±1.6)	-0.4(±0.5)	4.46 (±1.3)	5.02(±1.5)	0.56 (±1.2)	0.02*
Ângulo de penação do RF (graus)	8.07(±2.2)	7.9(±1.9)	-0.1(±1.5)	9.08 (±2.1)	8.82(±2.3)	-0.26 (±2.7)	0.89
<b>Equilíbrio</b>							
Risco de queda	1.97(±0.6)	1.76(±0.5)	-0.2(±0.4)	2.11(±0.5)	2.14(±0.3)	0.03 (±0.5)	0.26
<b>Estático</b>							
OSI	1.87(±0.6)	1.85(±0.5)	-0.02(±0.7)	2.07(±0.5)	1.72(±0.3)	-0.35 (±0.4)	0.19
API	1.36(±0.5)	1.26(±0.5)	-0.1(±0.5)	1.43(±0.5)	1.1(±0.3)	-0.32 (±0.4)	0.25
MLI	1(±0.4)	1.1(±0.3)	0.1(±0.5)	1.2(±0.3)	1.06(±0.2)	-0.13 (±0.37)	0.22
<b>Dinâmico</b>							
OD	17.44 (±4.8)	19.56 (±7.6)	2.1(±4.5)	17.75(±6.3)	18.33 (±5.7)	0.58 (±3.2)	0.37
Tempo (s)	115.1 (±67.9)	107.7(±68)	-7.4(±34.1)	88.9(±22.2)	82(±23.5)	-6.9 (±17.8)	0.96
<b>Composição corporal</b>							
% gordura (%)	38.9(±8.6)	38.7(±8.3)	-0.2(±1.3)	36.7 (±9.8)	35.8(±9.9)	-0.9 (±1.4)	0.26
Massa magra (kg)	41(±5.7)	41.05 (±5.7)	0.05(±0.8)	44.2 (±5.3)	44.9(±4.9)	0.7(±1.3)	0.21
<b>PNDD</b>							
ESN	6.44(±2.0)	6.56(±1.4)	0.1(±2.1)	6.67(±1)	4.75(±2.3)	-1.9 (±2.4)	0.11
ECN	6.22(±2.2)	5.89(±2.7)	-0.3(±2)	5.25 (±1.5)	3.08(±2.1)	-2.1 (±1.5)	0.02*

\*p < 0,05, s: segundos, n: amostra, Dif Pós-Pré: diferença de médias pré e pós intervenção. 1RM: testes de uma repetição máxima, RF: reto femoral, VI: vasto intermédio, OSI: índice geral de estabilidade, API: índice de estabilidade anterior/posterior, MLI: índice de estabilidade medial/lateral, OD: índice geral de limites de estabilidade, PNDD: polineuropatia diabética distal, ESN: escore de sintomas neuropáticos, ECN: escore de

comprometimento neuropático, mm: milímetros, cm: centímetros, Kg: quilogramas. Comparações das diferenças de médias entre grupos analisadas por Teste t ou Mann Whitney. Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão.



**Figura 2.** Gráficos comparativos de acompanhamento dos parâmetros de força muscular de membros superiores (A) e inferiores (B), escore de comprometimento neuropático (C) e área de secção transversa do músculo reto femoral (D) dos grupos controle (GC) e treino (GT) nos períodos pré e pós-intervenção.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da revisão da literatura realizada observou-se que ainda há poucos estudos que investigaram os efeitos da aplicação do treinamento resistido de forma isolada sobre a função muscular e equilíbrio de indivíduos com DM2. Ao nosso conhecimento, os estudos desenvolvidos nesta tese foram os primeiros a avaliar a confiabilidade das medidas de arquitetura muscular do quadríceps nesta população, bem como a avaliar o efeito de um protocolo de treinamento resistido isolado sobre parâmetros de arquitetura muscular do quadríceps, de equilíbrio postural e risco de quedas nesta população.

Diante dos resultados apresentados nos artigos originais desta tese, pode-se concluir que medidas da arquitetura muscular do quadríceps (espessuras dos músculos reto femoral e vasto intermédio, área de secção transversa do músculo reto femoral e ângulo de penação do músculo reto femoral) avaliadas por ultrassonografia têm alta confiabilidade intra (exceto para o ângulo de penação do músculo reto femoral) e interavaliadores, e podem ser utilizadas para fins de monitoramento das modificações musculares em indivíduos com DM2.

Pode-se concluir também que a aplicação de um protocolo de treinamento resistido durante doze semanas, produziu um ganho significativo na força muscular dos membros superiores e inferiores, nos sinais da PNDD, como diminuição das sensibilidades vibratória, dolorosa, térmica e reflexo Aquileu, na qualidade muscular, e na área de secção transversa do músculo reto femoral de indivíduos com DM2 e diagnóstico clínico de PNDD, podendo ser proposto como estratégia de tratamento para melhorar a função muscular e minimizar os danos ocasionados pela PNDD nessa população.

Os dados de controle glicêmico foram mensurados apenas em 10 dos 21 indivíduos que participaram deste estudo devido à escassez de material no Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco, onde seriam realizadas as análises. E devido também à limitação de recursos financeiros para compra dos Kits de análise da hemoglobina glicada, que só foram adquiridos quando a pesquisa já estava em andamento. Portanto, esses dados não puderam ser incluídos nos artigos originais desta tese.

## REFERÊNCIAS

- AAGAARD P. et al. A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. **The Journal of Physiology**. v. 534, n. 2, p. 613-623, 2001.
- ABATE, M. et al. Management of limited joint mobility in diabetic patients. **Diabetes, Metab Syndr Obes Targets Ther**. v. 6. p.197–207, 2013.
- ABE, T. et al. Effects of 20 days bed rest on muscle morphology. **J Gravit Physiol**. v. 4, p. S10–S14, 1997.
- ALEXANDER, R. McN.; VERNON, A. The dimensions of knee and ankle muscles and the forces they exert. **Journal of Human Movement Studies**. p.115–123, 1975.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standards of Medical Care in Diabetes. **Diabetes Care**. v. 41, p. S1–S2, 2018.
- BLAZEVIICH, A. J. et al. Influence of concentric and eccentric training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. **Journal of Applied Physiology**. v. 103, n. 5 p. 1565–1575, 2007.
- BOULTON, A. J. et al. Diabetic somatic neuropathies. **Diabetes Care**. v. 27, n. 6, p.1458-86, 2004.
- BOULTON, A. J. M. Management of Diabetic Peripheral Neuropathy. **Clinical Diabetes**. v.23, n.1, p.9-15, Jan 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. Vigitel Brasil 2016: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2016. Brasília; Ministério da Saúde; 2017.
- BROWN, L. E.; WEIR, J. P. ASEP **Procedures Recommendation I: Accurate Assessment of Muscular Strength and Power**. **JEPonline**. v. 4, n. 3, p. 1-21, 2001.
- BROWNLEE M. et al. Biochemistry and molecular cell biology of diabetic complications. **Nature**. v. 414, p.813-20, 2001.
- BROWNLEE M. et al. The pathobiology of diabetic complications. **A unifying mechanism**. **Diabetes**. v. 54, p.1615-25, 2005.

CEDERHOLM, T.; MORLEY, J. E. Sarcopenia: the new definitions. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care**. v. 18, n. 1, p.1-4, 2015.

CHOQUETTE, S. et al. Soy isoflavones and exercise to improve physical capacity in postmenopausal women. **Climacteric**. v. 16, n. 1, p.70-7, 2013.

COLBERG, S. R. et al. Exercise and type 2 diabetes: The American College Of Sports Medicine and The American Diabetes Association: Joint position statement executive summary. **Diabetes Care**. v. 33, p.2692-6, 2010.

Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes: 2017-2018/Sociedade Brasileira de Diabetes ; [organização José Egidio Paulo de Oliveira, Sérgio Vencio]. São Paulo: Clannad, 2017.

EGGER, A. **Different types of resistance training in type 2 diabetes mellitus:** effects on glycaemic control, muscle mass and strength. **European Journal of Preventive Cardiology**. v. 20, p.1051 - 1060, 2012.

EMA, R. et al. **In vivo measurement of human rectus femoris architecture by ultrasonography:** validity and applicability. **Clin Physiol Funct Imaging**. v. 33, p. 267-273, 2013.

ERSKINE, R. M. et al. In vivo specific tension of the human quadriceps femoris muscle. **Eur J Appl Physiol**. v. 106, p. 827, 2009.

AMERICAN HEART ASSOCIATION. Exercise Training for Type 2 Diabetes Mellitus. A Scientific Statement From the American Heart Association. **Circulation**. v.119. p.3244-3262, 2009.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. Global Perspective on Diabetes. **Diabetes Voice**, v. 64, n. 4, p. 32, 2017. Disponível em: [www.idf.org](http://www.idf.org).

FRANCIA, P. et al. **Diabetic foot prevention:** The role of exercise therapy in the treatment of limited joint mobility, muscle weakness and reduced gait speed. **Ital J Anat Embryol**. v. 120, p. 21-32, 2015.

FREILICH, R. J.; KIRSNER, R. L.; BYRNE, E. Isometric strength and thickness relationships in human quadriceps muscle. **Neuromuscul Disord**. v. 5, p. 415-2, 1995.

GUERRERO, N. et al. Premature loss of muscle mass and function in type 2 diabetes. **Diabetes Res Clin Pract**. v. 117, p. 32-8, 2016.

HANDESAKER, J. C. et al. Resistance exercise training increases lower limb speed of strength generation during stair ascent and descent in people with diabetic peripheral neuropathy. **Diabet. Med**. v. 33, p. 97-104, 2016.

HU, F.B. et al. Diet, lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women. **N Engl J Med.** v. 345, n. 11, p. 790-7, 2001.

IJZERMAN, T.H. et al. Lower extremity muscle strength is reduced in people with type 2 diabetes, with and without polyneuropathy, and is associated with impaired mobility and reduced quality of life. **Diabetes Res Clin Pract.** v. 95, n. 3, p. 345–351, 2012.

IKAI, M.; FUKUNAGA, T. Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. **Int Z Angew Physiol.** v. 26, n. 1, p. 26–32, 1968.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. IDF **Diabetes Atlas**, 2017. Disponível em: [www.diabetesatlas.org](http://www.diabetesatlas.org).

ISHIGURO, H. et al. In Search of the Ideal Resistance Training Program to Improve Glycemic Control and its Indication for Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med.** v. 46, p. 67, 2016.

JERNIGAN, S. D. et al. Diagnostic accuracy of fall risk assessment tools in people with diabetic peripheral neuropathy. **Phys Ther.** v. 92, p. 1461–70, 2012.

JURASCHEK, S. P. et al. Cardiorespiratory fitness and incident diabetes: the FIT (Henry Ford Exercise Testing) project. **Diabetes Care.** v. 38, n. 6, p. 1075-81, 2015.

KALYANI, R. R. et al. Quadriceps strength, quadriceps power, and gait speed in older U.S. adults with diabetes mellitus: results from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2002. **Journal of the American Geriatrics Society.** v. 61, p. 769–775, 2013.

KALYANI, R. R.; EGAN, J. M. Diabetes and Altered Glucose Metabolism with Aging. **Endocrinology and metabolism clinics of North America**, v. 42, n. 2, p. 333-347, 2013.

KALYANI, R. R.; CORRIERE, M.; FERRUCCI, L. **Age-related and disease-related muscle loss:** The effect of diabetes, obesity, and other diseases. **Lancet Diabetes Endocrinol.** v. 2, p. 819–29, 2014.

KALYANI, R. R. et al. Hyperglycemia Predicts Persistently Lower Muscle Strength With Aging. **Diabetes Care.** v. 38, n. 1, p. 82-90, 2015.

KARKI, S. Y. et al. Prevalence of Sensory Neuropathy in Type 2 Diabetes Mellitus and Its Correlation with Duration of Disease. **Kathmandu Univ Med J.** v.14, n. 54, p. 120-124, 2016.



KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; FUKUNAGA, T. Muscle fibre pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. **Journal of Applied Physiology**. v. 74, n. 6, p. 2740–2744, 1993.

KAWAKAMI, Y. et al. Training-induced changes in muscle architecture and specific tension. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. v. 72, n. 1–2, p. 37–43, 1995.

KIM, T. N. et al. **Prevalence and determinant factors of sarcopenia in patients with type 2 diabetes: the Korean Sarcopenic Obesity Study (KSOS)**. **Diabetes care**. v. 33, p. 1497–1499, 2010.

KIM, Y.; PARK, H. Does Regular Exercise without Weight Loss Reduce Insulin Resistance in Children and Adolescents? **International Journal of Endocrinology**. p. 10, 402592, 2013.

KIM, K. S. et al. Type 2 diabetes is associated with low muscle mass in older adults. **Geriatrics & gerontology international**. v. 14, p. 115–121, 2014.

KORYAK, Y.A. Functional and clinical significance of the architecture of human skeletal muscles. **Human Physiology**. v. 34, p. 482-492, 2008.

KRAUSE, M. P.; RIDDELL, M. C.; HAWKE, T. J. Effects of type 1 diabetes mellitus on skeletal muscle: clinical observations and physiological mechanisms. **Pediatr Diabetes**. v. 12, n 4.1, p. 345-64, 2011.

LEE S. et al. **Effects of Aerobic Versus Resistance Exercise Without Caloric Restriction on Abdominal Fat, Intrahepatic Lipid, and Insulin Sensitivity in Obese Adolescent Boys: A Randomized, Controlled Trial**. **Diabetes**. v. 61, n. 11, p. 2787-2795, 2012.

LEENDERS, M. et al. Patients with type 2 diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging. **Journal of the American Medical Directors Association**. v. 14, p. 585–592, 2013.

LIEBER, R. L. Skeletal Muscle, Structure, Function, And Plasticity: The Physiological Basis of Rehabilitation. **Lippincott Williams & Wilkins**. 3ed. p. 26-41, 2010.

LINKE, S. E.; GALLO, L. C.; NORMAN, G. J. Attrition and Adherence Rates of Sustained vs. Intermittent Exercise Interventions. **Annals of behavioral medicine: a publication of the Society of Behavioral Medicine**. v. 42, n. 2, p. 197-209, 2011.

LYNCH, N. A. et al. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. **J Appl Physiol**. v. 86, n. 1, p. 188-94, 1999.

MALIK, R. A. et al. The Toronto Consensus Panel on Diabetic Neuropathy Small fibre neuropathy: role in the diagnosis of diabetic sensorimotor polyneuropathy. **Diabetes Metab Res Rev**. v. 27, p. 678–684, 2011.

MARTIN, I. S. et al. Causas referidas para o desenvolvimento de úlceras em pés de pessoas com diabetes *mellitus*. **Acta Paul Enferm**, v. 25, n. 2, p. 218-24, 2012.

MAUGHAN, R. J.; WATSON, J. S.; WEIR, J. Muscle strength and cross-sectional area in man: a comparison of strength-trained and untrained subjects. **British Journal of Sports Medicine**. v. 18, n. 3, p. 149-157, 1984.

MEES, G K. Efeitos do treino de força na qualidade muscular em mulheres idosas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Educação Física. Curso de Educação Física: Licenciatura.

MEIJER, J. W. et al. Symptom scoring systems to diagnose distal polyneuropathy in diabetes: the Diabetic Neuropathy Symptom score. **Diabet Med**. v. 19, n. 11, p. 962-5, 2002.

MIRZAYEV, J. Effect of strength training on muscle architecture (review). **Sporto mokslas**. v. 1, n.87, p. 60–64, 2017.

MIYAKE, H.; KANAZAWA I, SUGIMOTO, T. Low skeletal muscle mass is associated with increased mortality in postmenopausal women with type 2 diabetes mellitus. **Diabetes Res Clin Pract**. v. 120, p. 83-84, 2016.

MOREIRA, R. O. et al. Tradução para o português e avaliação da confiabilidade de uma escala para diagnóstico da polineuropatia distal diabética. **Arq Bras Endocrinol Metabol**. v. 49, p. 944–50, 2005.

MORRISON, S. et al. Balance Training Reduces Falls Risk in Older Individuals With Type 2 Diabetes. **Diabetes Care**. v. 33, p. 748–50, 2010. doi:10.2337/dc09-1699.

NARICI, M. V. et al. Effect of aging on human muscle architecture. **Journal of Applied Physiology**. v. 95 p. 2229–2234, 2003.

NERY, C. et al. Effectiveness of resistance exercise compared to aerobic exercise without insulin therapy in patients with type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis. **Brazilian Journal of Physical Therapy**. v. 21, n. 6, p. 400-415, 2017.

NISHITANI, M. et al. Impact of diabetes on muscle mass, muscle strength, and exercise tolerance in patients after coronary artery bypass grafting. **J Cardiol**. v. 58, n. 2, p. 173-80, 2011.

ORLANDO, G. et al. Neuromuscular dysfunction in type 2 diabetes: Underlying mechanisms and effect of resistance training. **Diabetes Metab Res Rev**. v. 32, p. 40–50, 2016.

PARK, S.; GOODPASTER, B. STROTMEYER, E. Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. **Diabetes Care**. v. 30, p. 1507–12, 2007.

PEDROSA, H. C. et al. Neuropatias e Pé Diabético. **AC Farmacêutica**. Rio de Janeiro, 2014.

PESTA, D. H. et al. Resistance training to improve type 2 diabetes: working toward a prescription for the future. **Nutrition & Metabolism**. v. 14, p. 24, 2017.

REEVES, N. D.; NARICI, M. V. Behavior of human muscle fascicles during shortening and lengthening contractions in vivo. **Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 3, p. 1090-1096, 2003.

RELESKI, W. J. et al. Lifestyle Change and Mobility in Obese Adults with Type 2 Diabetes. **The New England Journal of Medicine**. v. 366, n. 13, p. 1209-1217, 2012.

ROMÁN-PINTOS, L. M. et al. Diabetic Polyneuropathy in Type 2 Diabetes Mellitus: Inflammation, Oxidative Stress, and Mitochondrial Function. **Journal of Diabetes Research**. v. 2016, p. 1-16, 2016.

RYDÉN, L.; SHAHIM, B.; MELLBIN, L. Clinical Implications of Cardiovascular Outcome Trials in Type 2 Diabetes: From DCCT to EMPA-REG. **Clin Ther**. v. 38, n. 6, p. 1279-1287, 2016.

SANTOS, H. C. et al. Escores de neuropatia periférica em diabéticos. **Rev Soc Bras Clin Med**. v. 13, n. 1, p. 40-5, 2015.

SARTOR, C. D. et al. Effects of strengthening, stretching and functional training on foot function in patients with diabetic neuropathy: results of a randomized controlled trial. **BMC Musculoskelet Disord**. v. 15, p. 137, 2014.

SHAKHER, J.; STEVENS, M. J. Update on the management of diabetic polyneuropathies. **Diabetes Metab Syndr Obes**. v. 4, p. 289-305, 2011.

SIGAL, R. J. et al. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. **Diabetes Care**. v. 27, n. 10, p. 2518-39, 2004.

SIGAL, R. J. et al. Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Glycemic Control in Type 2 Diabetes. **Ann Intern Med**. v. 147, p. 357, 2007.

SIGAL, R. J. et al. Physical activity and diabetes. **Can J Diabetes**. v. 37, p. 40-4, 2013.

SILVA, P. et al. Long-term benefits of somatosensory training to improve balance of elderly with diabetes mellitus. **J Bodyw Mov Ther**. v. 19, p. 453-7, 2015.

SKYLER, J. S. et al. Differentiation of diabetes by pathophysiology, natural history, and prognosis. **Diabetes**. v.66, n. 2, p. 241-255, 2017.

SOJUNG L. et al. Effects of Aerobic Versus Resistance Exercise Without Caloric Restriction on Abdominal Fat, Intrahepatic Lipid, and Insulin Sensitivity in Obese Adolescent Boys a Randomized, Controlled Trial. **Diabetes**, 2012.

SOUZA, A. C. et al. Avaliação clínica da sensibilidade em indivíduos com diabetes melito. **Colloquium Vitae**. p.44-49, 2010.

TAE, K. N.; SIK, P. M.; YANG, J. S. Prevalence and determinant factors of sarcopenia in patients with type 2 diabetes. Obesity sarcopenic the Korean Study (KSOS). **Diabetes Care**. v. 33, p. 1497–9, 2010.

TESFAYE, S. et al. Toronto Expert Panel on Diabetic Neuropathy. Painful diabetic peripheral neuropathy: consensus recommendations on diagnosis, assessment and management. **Diabetes Metab Res Rev**. v. 27, p. 629–638, 2011.

TRACY, B. L. et al. Muscle quality. II. Effects Of strength training in 65- to 75-yr-old men and women. **J Appl Physiol**. v. 86, n. 1, p. 195-201, 1999.

UHL R. L. et al. Diabetes mellitus: musculoskeletal manifestations and perioperative considerations for the orthopaedic surgeon. **J Am Acad Orthop Surg**. v. 22, p. 183–92, 2014.

UMEGAKI, H. Sarcopenia and diabetes: Hyperglycemia is a risk factor for age-associated muscle mass and functional reduction. **Journal of Diabetes Investigation**. v. 6, n. 6, p. 623-624, 2015.

UMPIERRE, D. et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **JAMA**. v. 305, n. 17, p. 1790-9, 2011.

VAN SCHIE, G. H. M. A review of the Biomechanics of the diabetic foot. **International Journal of Lower Extremity Wounds**, v. 4, n. 3, p. 160-70, 2005.

VOLPATO, S. et al. Role of muscle mass and muscle quality in the association between diabetes and gait speed. **Diabetes care**. v. 35, p. 1672–1679, 2012.

WANG, T. et al. Type 2 diabetes mellitus is associated with increased risks of sarcopenia and pre-sarcopenia in Chinese elderly. **Scientific Reports**. v. 6, p. 38937, 2016.

WON, S.; GOODPASTER, B.; STROTMEYER, E. Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabetes. The health, aging, and body composition study. **Diabetes**. v. 55, p. 1813–8, 2006.

WOOD, R. J.; O'NEILL, E. C. Resistance Training in Type II Diabetes Mellitus: Impact on Areas of Metabolic Dysfunction in Skeletal Muscle and Potential Impact on Bone. **Journal of Nutrition and Metabolism**. v. 2012, p. 1-13, 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Report on Diabetes**. p. 978-88, 2016.

YANG, Z. et al. Scoring systems to screen for diabetic peripheral neuropathy (Protocol). **Cochrane Database of Systematic Reviews**. v. 3, 2014.

YANG, Z. et al. Resistance Exercise Versus Aerobic Exercise for Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**. v. 44, p. 487, 2014.

## APÊNDICE A – ARTIGO DE REVISÃO INTEGRATIVA

### EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE EQUILÍBRIO E PREVENÇÃO DE QUEDAS DE INDIVÍDUOS COM POLINEUROPATIA DIABÉTICA DISTAL: REVISÃO INTEGRATIVA

\*Camilla Rodrigues de Souza Silva<sup>1</sup>, Diogo Arruda Martins de Lima<sup>2</sup>, Tamires Nascimento<sup>2</sup>, Sílvia Regina Arruda de Moraes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil; <sup>2</sup>Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil; <sup>3</sup>Departamento de Anatomia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

---

\*Departamento de Anatomia, Universidade Federal de Pernambuco, CEP: 50670-901, Recife, Brasil; Tel: 55 (81) 32126-8567; E-mail: ft.camillarodrigues@gmail.com

#### RESUMO

Analisar a contribuição dos estudos acerca da aplicação do exercício físico visando melhora de equilíbrio postural e prevenção de quedas em diabéticos com polineuropatia diabética distal. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura. As buscas foram realizadas nas bases de dados eletrônicas MEDLINE (PubMed), CINAHL, LILACS e SciELO compreendendo o período de janeiro de 2000 a julho de 2017. Sete artigos preencheram os critérios de inclusão e fizeram parte desta revisão. Todas as modalidades de exercício propostas apresentaram melhora em alguns parâmetros de equilíbrio. Porém, não é possível definir o melhor exercício para melhora de equilíbrio nesses indivíduos devido aos diferentes tipos de protocolos de exercício e instrumentos de avaliação utilizados entre eles.

**Palavras-chave:** Diabetes *Mellitus*. Equilíbrio postural. Exercício. Acidentes por quedas.

#### Introdução

O Diabetes *mellitus* (DM) é um importante problema de saúde pública (IDF, 2017) que associado ao mau controle da glicemia e ao longo tempo de duração da doença, favorece a instalação e o desenvolvimento de complicações crônicas (MARTIN et al, 2012), tais como a polineuropatia diabética distal (D'AMBROGI et al, 2005; AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2014).

A polineuropatia diabética distal parece surgir primariamente como um distúrbio sensorial, causando perda gradual da sensibilidade à dor, da percepção da pressão plantar, temperatura e propriocepção e, posteriormente, como um distúrbio motor. Este último contribuindo para atrofia e fraqueza muscular, deformidades ósseas, desequilíbrio da mecânica do pé, déficit de equilíbrio, dificuldade para deambular e risco de quedas (VAN SCHIE, 2005; SACCO et al, 2009).

Sabe-se que pessoas com diabetes são mais propensas a experimentar a perda acelerada de massa, força e qualidade muscular ao longo do tempo, principalmente nos membros inferiores, em comparação com aqueles sem diabetes (PARK et al, 2007; PARK et al, 2009). Tais efeitos do diabetes no músculo podem explicar por que pacientes diabéticos têm alto risco de desenvolver incapacidade funcional e limitações de mobilidade (KALYANI; EGAN, 2013; KALYANI; CORRIERE; FERRUCCI, 2014).

Diante disso, uma das intervenções que têm sido propostas como alternativa para melhorar o equilíbrio postural de pacientes diabéticos, minimizando ou prevenindo o risco de quedas nessa população é o exercício físico. Alguns estudos têm demonstrado que os treinos de equilíbrio, força e marcha podem ser utilizados para reduzir com êxito o risco de queda nesta população (NENKOVA et al, 2009; KRUSE; LEMASTER; MADSEN, 2010).

Considerando-se a relevância desse conhecimento para a sistematização de estratégias de cuidado de indivíduos diabéticos, este trabalho teve como objetivo analisar a contribuição dos estudos acerca da aplicação do exercício físico para melhora de equilíbrio postural de pacientes diabéticos.

### **Material e método**

Este estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, cuja pergunta norteadora foi: “as intervenções com exercício físico são eficazes na melhora de equilíbrio e prevenção de quedas em indivíduos diabéticos com polineuropatia diabética distal?”.

Para realizar o levantamento bibliográfico foram selecionados os descritores disponíveis na lista Health Science Descriptors / Medical Subject Headings (DeCS/MeSH), com as seguintes combinações: (“Diabetes Mellitus”[Mesh]) AND “Postural Balance”[Mesh]) AND “Exercise”[Mesh], (“Accidental Falls”[Mesh]) AND “Diabetes Mellitus”[Mesh] AND “Exercise”[Mesh], “Diabetes” e “Equilíbrio postural” e “exercício”, “Diabetes” e “Acidentes por quedas” e “exercício”. As buscas foram realizadas nas bases de dados eletrônicas MEDLINE (PUBMED), CINAHL, LILACS e SCIELO compreendendo os artigos publicados no período de janeiro de 2000 a julho de 2017, sem restrição linguística, e utilizando filtros para estudos em humanos e ensaios clínicos. Também foi realizada busca de artigos a partir das referências bibliográficas dos artigos selecionados.

Os critérios de inclusão utilizados foram artigos disponibilizados na íntegra, do tipo ensaio clínico controlado, envolvendo indivíduos adultos, portadores de DM tipo 1 ou 2, com polineuropatia diabética distal, que apresentem em sua metodologia um grupo controle e um ou mais grupos submetidos a alguma intervenção que utilize exercício físico, e que tivessem como objetivo avaliar equilíbrio e/ou risco de quedas nessa população.

Foram excluídas cartas, editoriais, resumos estendidos, estudos com inclusão de pacientes com diabetes gestacional. Também foram excluídos estudos em que o exercício físico fosse aplicado por meio de artes marciais, ou estudos que não excluíssem indivíduos com labirintite ou algum outro distúrbio de equilíbrio que não seja causado pelo diabetes, além de pacientes com distúrbios neurológicos, ou dependentes de álcool e drogas psicotrópicas que poderiam interferir nas avaliações.

### **Resultados e discussão**

Este estudo possibilitou caracterizar a produção científica quanto aos aspectos metodológicos dos estudos com utilização de exercícios físicos visando à melhora do equilíbrio e risco de quedas em diabéticos com polineuropatia diabética distal.

Na Tabela 1 verificam-se os resultados encontrados a partir da busca pelos descritores, conforme cada base de dados e referências bibliográficas. Dos 40 artigos encontrados, apenas 7 foram incluídos e detalhadamente analisados.

**Tabela 1** – Distribuição dos artigos encontrados e selecionados por bases de dados e referências dos artigos incluídos.

Base de dados/Referências	Artigos			
	Encontrados	Excluídos	Incluídos	Analisados após exclusão das repetições
Medline/PubMed	12	7	5	
CINAHL	28	23	5	
LILACS	-	-	-	
SciELO	-	-	-	
Referências dos artigos incluídos	1	-	1	
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>11</b>	<b>7</b>

O Quadro 1 apresenta a caracterização geral dos artigos selecionados.

**Quadro 1** – Caracterização dos artigos incluídos.

ARTIGOS INCLUÍDOS						
AUTOR/AN O	TIPO DE ESTUDO	AMOSTRA	INTERVENÇ ÃO	DESFECH OS	INSTRUMENT OS DE AVALIAÇÃO EQUILÍBRIO E/OU RISCO DE QUEDAS	RESULTAD OS EM RELAÇÃO AO EQUILÍBRI O E/OU RISCO DE QUEDAS
DXIT et al, 2016	Ensaio clínico controlado e randomizad o	38 diabéticos tipo 2 com polineuropatia diabética distal acima dos 50 anos  Grupo treino= 36  Grupo controle= 45	Treino aeróbico de intensidade moderada  8 semanas  3 a 6 vezes/semana	Equilíbrio estático	<i>Metitur Good Balance System</i>	Melhora nos parâmetros de deslocamento medial-lateral e velocidade ao longo do eixo x no grupo treinado
LEE et al, 2013	Ensaio clínico controlado e randomizad o	55 idosos, diabéticos tipo 2 com polineuropatia diabética distal  Grupo vibração	Exercício de equilíbrio  Vibração corporal  3x/semana	Hemoglobi na glicada (HbA1c)  Equilíbrio estático	<i>Postural sway and one leg stance (OLS);  Berg Balance Scale (BBS)</i>	Melhora no equilíbrio estático e equilíbrio dinâmico no grupo que associou

		corporal + exercício de equilíbrio= 19  Grupo exercício de equilíbrio= 18  Grupo controle= 18	6 semanas	Equilíbrio dinâmico  Mobilidade  Força muscular de MMII.	<i>Timed up-and-go (TUG)</i>  <i>Functional reach test (FRT)</i>	exercícios de equilíbrio e vibração corporal
SONG et al, 2011	Ensaio clínico controlado e randomizado	38 idosos, diabéticos tipo 2 com polineuropatia diabética distal	Treino de equilíbrio  8 semanas  2x/semana  60min/sessão  Ambos os grupos receberam palestras educativas	Equilíbrio estático  Equilíbrio dinâmico  Força  Marcha	<i>One-leg standing test</i>  <i>Berg balance scale</i>  <i>Functional Reach Test</i>  <i>Timed up-and-go (TUG)</i>	Melhora nos equilíbrios estático e dinâmico
KRUSE et al, 2010	Ensaio clínico controlado e randomizado	79 diabéticos tipo 1 e 2 com polineuropatia diabética distal Idade > 50 anos  Grupo exercício: 41  Grupo controle: 38	Parte 1: fortalecimento de membros inferiores, treino de equilíbrio e caminhada (12 semanas)  Parte 2: ligações motivacionais (8 meses)  Ambos os grupos receberam cuidados nos pés, palestras educativas e 8 sessões de fisioterapia	Equilíbrio  Força no calcanhar  Episódios de queda	<i>Berg Balance Scale score</i>  <i>Falls Efficacy Scale International</i>  <i>Foot Function Index</i>  <i>Disability Scale score</i>  <i>Timed up-and-go (TUG)</i>	Mínima melhora de algumas avaliações de equilíbrio ao final dos 12 meses  Sem melhora nos episódios de queda
ALLET et al, 2010	Ensaio clínico controlado e randomizado	71 diabéticos tipo 2 com polineuropatia diabética distal  Idade: sem restrição  Grupo exercício: 35  Grupo	Exercícios de equilíbrio, fortalecimento e marcha  12 semanas  3x/ semana  <i>Follow-up</i> após 6 meses	Equilíbrio estático  Equilíbrio dinâmico  Medo de quedas  Marcha  Força	<i>Falls Efficacy Scale International</i>  <i>Biodex Balance System</i>  Teste de equilíbrio dinâmico na viga	Melhora do equilíbrio estático, dinâmico e escore de medo de quedas após no grupo intervenção.  Após <i>Follow-up</i> de



		controle: 36		muscular Mobilidade articular		6 meses as melhoras permaneceram significantes, exceto para o equilíbrio estático.
NENKOVA et al, 2009	Ensaio clínico controlado	40 diabéticos com polineuropatia diabética distal  Idade: 40 – 70 anos  Grupo exercício: 20  Grupo controle: 20	Exercícios isométricos + alongamentos para MMII  12 semanas  3x/ semana  Orientações para dieta	Equilíbrio  Força em MMII  Níveis de glicemia	Teste de equilíbrio de Romberg	Melhora do equilíbrio no grupo intervenção
RICHARDSON et al, 2001	Ensaio clínico controlado cego	20 diabéticos com polineuropatia diabética distal  Idade: 50 – 80 anos  Grupo exercício: 10  Grupo controle: 10	Exercícios de equilíbrio e fortalecimento de membros inferiores.  3 semanas	Equilíbrio  Grau de confiança nas atividades de vida diária	<i>Unipedal stance time</i>  <i>Functional reach</i>  <i>Tandem stance time</i>  <i>Score on the activities-specific balance</i>  <i>Confidence (ABC) Scale</i>	Melhora nos 3 instrumentos de equilíbrio  Sem melhora no escore da <i>Confidence (ABC) Scale</i>

### Principais resultados encontrados sobre a caracterização das publicações

Nota-se, preliminarmente, em relação à caracterização dos artigos quanto ao ano de publicação, que apenas 2 dos 6 artigos selecionados foram publicados nos últimos 5 anos. Todas as publicações foram em inglês, e a Coréia do Sul e os Estados Unidos foram os países-sede de dois artigos cada um, tendo a África do Sul, Arábia Saudita e a Suíça, uma publicação cada.

A maioria dos artigos tiveram fisioterapeutas como autores principais, em apenas dois artigos os autores principais são médicos. As publicações estão em sua maioria em revistas voltadas para fisioterapia (3), diabetes (3) e medicina (1).

Apesar da relevância do tema, em virtude das complicações que podem surgir nessa população, percebe-se com essa revisão que ainda são poucos os estudos sobre o tema. Como se sabe, há uma forte e preocupante ligação entre diabetes (DM) e o risco de quedas em idosos. Indivíduos com DM são propensos a cair por diversas razões, tais como diminuição da função sensorio-motor, déficits musculoesqueléticos e neuromusculares (CREWS et al, 2013). Além disso, existe o agravante de que pacientes com DM são mais propensos a terem problemas mais graves decorrentes das quedas do que indivíduos não diabéticos, tais como fraturas e uma recuperação mais demorada (STROTMEYER et al, 2005; SEMEL et al, 2010).

### **Principais resultados encontrados sobre a caracterização da amostra**

Os estudos tiveram um tamanho amostral que variou de 20 a 79 indivíduos com DM tipo 2 com polineuropatia diabética distal. Dois estudos incluíram apenas a faixa etária de idosos na pesquisa. Nos demais estudos, porém, a média de idade dos grupos estudados foi maior que 60 anos, exceto em dois estudos (NENKOVA et al, 2009; DIXIT et al, 2016).

A polineuropatia diabética distal tem sido o foco central das pesquisas e intervenções de prevenção de quedas em idosos com diabetes tipo 2. No entanto, estudos isolados identificaram adultos com diabetes tipo 2 sem complicações evidentes de polineuropatia diabética distal também apresentam risco aumentado. Sabe-se que a capacidade de manter o equilíbrio é uma habilidade complexa que requer a integração de múltiplos processos sensorio-motores e cognitivos. Evidências emergentes sugerem que o declínio sutil relacionado ao diabetes em funções sensoriais (somatossensoriais, visuais e vestibulares), função muscular metabólica e funções executivas também podem contribuir para o aumento do risco de falha em adultos mais velhos com diabetes tipo 2 (HEWSTON; DESHPANDE, 2016).

### **Principais resultados encontrados sobre as intervenções com exercício físico utilizadas**

A utilização do exercício físico como intervenção para minimizar ou retardar as complicações relacionadas ao equilíbrio e risco de quedas nessa população mostrou-se efetiva na maioria dos parâmetros avaliados em todos os estudos incluídos nessa revisão. As intervenções com exercício físico utilizaram protocolos com exercícios resistidos, exercícios de equilíbrio, de vibração corporal, exercícios aeróbicos e exercícios isométricos.

A maioria dos estudos fez associações de mais de um tipo de exercício, sendo os exercícios resistidos para fortalecimento muscular e exercícios de equilíbrio a associação mais frequente.

A duração dos protocolos supervisionados aplicados variou de 3 a 12 semanas, sendo 12 semanas a duração realizada por três dos sete artigos. No entanto, o estudo de menor duração (RICHARDSON et al, 2001), que utilizou um protocolo de treino de equilíbrio e fortalecimento de membros inferiores por apenas 3 semanas mostrou bons resultados em relação ao equilíbrio. Do mesmo modo, a associação de tipos diferentes de exercício foi vista na maioria dos estudos, sendo a associação de exercícios resistidos e exercícios de equilíbrio a mais encontrada, porém os estudos que utilizaram apenas o treino de equilíbrio (SONG et al, 2011) ou apenas o treino aeróbico (DIXIT et al, 2016) também encontraram resultados positivos.

Mesmo com a utilização de tipos semelhantes de exercícios e suas associações, os diferentes tipos de protocolos utilizados nos estudos impedem uma comparação adequada para avaliação da melhor intervenção a ser utilizada, pois nenhum dos estudos realizou uma intervenção com mesma duração, tipo e execução de exercício, e utilizando os mesmos instrumentos de avaliação.

Além disso, o estudo (KRUSE; LEMASTER; MADSEN, 2010) que mostrou melhora mínima em algumas avaliações de equilíbrio e nenhuma diferença no risco de quedas entre os grupos utilizou um protocolo onde os exercícios foram realizados sob supervisão apenas nas primeiras 12 semanas, após esse período os indivíduos eram motivados a realizar os

exercícios em casa através de ligações telefônicas, sendo avaliados apenas após 12 meses do início do estudo.

### **Principais resultados encontrados sobre os instrumentos utilizados para avaliação do equilíbrio**

Idosos com diabetes tipo 2 têm incidência significativamente maior de quedas do que aqueles sem diabetes tipo 2. As consequências devastadoras das quedas incluem a diminuição da mobilidade, a evasão de atividades, e a mortalidade. Um dos fatores de risco mais comumente identificados associados às quedas é o equilíbrio prejudicado (HEWSTON; DESHPANDE, 2016).

O equilíbrio foi avaliado por diferentes instrumentos nos estudos, desde os mais simples, que não requerem a utilização de equipamentos, até os equipamentos mais sofisticados, que utilizam plataformas com níveis de instabilidade como o *Biodex Balance System* e *Metitur Good Balance System*. Todos os estudos apresentaram resultados com melhoras significativas dos grupos que receberam as intervenções na maioria dos parâmetros avaliados. Os instrumentos mais utilizados para avaliação do equilíbrio foram o *Timed single-leg stance*, o *Timed up-and-go* (TUG) e o *Functional Reach Test* (FR).

O TUG consiste em levantar-se de uma cadeira, sem ajuda dos braços, andar a uma distância de três metros, dar a volta e retornar. O FR é utilizado para avaliar o alcance funcional anterior, mensurando os limites de estabilidade quando o indivíduo está em pé. Esses dois testes apesar de não avaliarem diretamente o risco de queda, avaliam o equilíbrio dinâmico. E considerando que a maioria das quedas ocorre durante uma tarefa dinâmica, instrumentos que avaliam o equilíbrio dinâmico podem ter o objetivo de prever o risco de quedas, embora se saiba que são limitados na capacidade de detectar mudanças sutis na estabilidade postural e na identificação de mecanismos de disfunção (HAGEMAN; LEIBOWITZ; BLANKE, 1995; BRAUER; BURNS; GALLEY, 2000). O FR, por exemplo, tem uma forte associação com o risco aumentado de quedas em idosos, sendo utilizado como um teste preditivo para este evento nesta população (DUNCAN et al, 1990; DUNCAN et al, 1992).

### **Principais resultados encontrados sobre os instrumentos utilizados para avaliação do risco de quedas**

Apenas dois estudos relataram avaliar o risco de queda de forma direta (KRUSE; LEMASTER; MADSEN, 2010; ALLET et al, 2010), porém o instrumento de avaliação desse parâmetro foi a escala com escore para avaliação da autoeficácia relacionada às quedas denominada *Falls Efficacy Scale* (FES). A FES apresenta questões sobre a preocupação com a possibilidade de cair ao realizar 16 atividades, com respectivos escores de um a quatro. O escore total pode variar de 16 (ausência de preocupação) a 64 (preocupação extrema). A autoeficácia é um conceito útil para entender os motivos pelos quais os idosos desenvolvem medo de cair, além de poder ajudar a guiar estratégias de prevenção e tratamento dos episódios de quedas, porém trata-se de uma avaliação bastante subjetiva.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

São poucas as publicações de ensaios clínicos sobre o tema. Todas as modalidades de exercício propostas apresentaram melhora, mesmo que mínima, em alguns parâmetros

avaliados para equilíbrio e risco de queda. Porém, não é possível afirmar qual o melhor exercício para melhora de equilíbrio nesses indivíduos devido aos diferentes tipos de protocolos de exercício, assim como os diferentes tipos de instrumentos de avaliação utilizados entre eles.

### **PHYSICAL EXERCISE ON BALANCE AND PREVENTION OF FALLS IN INDIVIDUALS WITH DIABETIC POLYNEUROPATHY: INTEGRATIVE REVIEW**

#### **Abstract**

To analyze the contribution of studies on the implementation of physical exercise aimed to improve postural balance and fall prevention in diabetic patients with distal diabetic polyneuropathy. An integrative literature review was performed. The searches were conducted in the electronic databases MEDLINE (PubMed), CINAHL, LILACS and SciELO, covering the period from January 2000 to July 2017. Seven articles met the inclusion criteria and were part of this integrative review. All types of exercise proposed showed improvement in some balance parameters. However, it is not possible to say what the best exercise for balance improvement in these individuals is due to different types of exercise protocols, as well as the different types of assessment tools used among them.

**Keywords:** Diabetes *Mellitus*. Postural balance. Exercise. Diabetic neuropathy. Accidental falls.

### **EJERCICIO FÍSICO SOBRE EQUILIBRIO Y PREVENCIÓN DE CAÍDAS DE INDIVIDUOS CON POLINEUROPATÍA DIABÉTICA: REVISIÓN INTEGRATIVA**

#### **Resumen**

Analizar la contribución de los estudios acerca de la aplicación del ejercicio físico con miras a la mejora de equilibrio postural y prevención de caídas en diabéticos con polineuropatía diabética distal. Se realizó una revisión integrativa de la literatura. Las búsquedas se realizaron en las bases de datos electrónicas MEDLINE (PubMed), CINAHL, LILACS y SciELO comprendiendo el período de enero de 2000 a julio de 2017. Siete artículos cumplieron los criterios de inclusión e hicieron parte de esta revisión. Todas las modalidades de ejercicio propuestas presentaron una mejora en algunos parámetros de equilibrio. Sin embargo, no es posible afirmar cuál es el mejor ejercicio para mejorar el equilibrio en estos individuos debido a los diferentes tipos de protocolos de ejercicio e instrumentos de evaluación utilizados entre ellos.

**Palabras clave:** Diabetes Mellitus. Equilibrio postural. Ejercicio. Accidentes por caídas.

#### **Referências**

ALLET, L. et al. The gait and balance of patients with diabetes can be improved: a randomised controlled trial. **Diabetologia**, v. 53, p. 458–66, 2010.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standards of Medical Care in Diabetes—2014. **Diabetes Care**, v. 37, p. 14-80, 2014, Suppl. 1:S.

BRAUER, S. G.; BURNS, Y. R.; GALLEY, P. A prospective study of laboratory and clinical measures of postural stability to predict community-dwelling fallers. **Journal of Gerontology**, v. 55A, n. 8, p. M469-76, 2000.

CREWS, R. T. et al. A growing troubling triad: diabetes, aging, and falls. **J Aging Res**, 2013;2013.

D'AMBROGI, E. et al. Abnormal foot function in diabetic patients: the altered onset of Windlass mechanism. **Diabetic Med**, v. 22, p. 1713–9, 2005.

DIXIT, S. et al. Analysis of Postural Control During Quiet Standing in a Population with Diabetic Peripheral Neuropathy Undergoing Moderate Intensity Aerobic Exercise Training: A Single Blind, Randomized Controlled Trial. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**. 95(7):516–524, 2016.

DUNCAN, P.W. et al. Functional Reach. A New Clinical Measure of Balance. **Journal of Gerontology**, v. 45, n. 6, p. 192-197, 1990.

DUNCAN, P. W. et al. Functional Reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans. **Journal of Gerontology**, v. 47, n. 3, p. 93-98, 1992.

HAGEMAN, P. A.; LEIBOWITZ, M.; BLANKE, D. Age and gender effects on postural control measures. **Arch Phys Med Rehabil**, n. 76, p. 961-4, 1995.

HEWSTON, P.; DESHPANDE, N. Falls and Balance Impairments in Older Adults with Type 2 Diabetes: Thinking Beyond Diabetic Peripheral Neuropathy. **Canadian Journal of Diabetes**, v. 40, n. 1, p. 6-9, 2016.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. *IDF Diabetes Atlas*. . [S.l.]: www.diabetesatlas.org, 2017.

KALYANI, R. R.; EGAN, J. M. Diabetes and Altered Glucose Metabolism with Aging. **Endocrinology and metabolism clinics of North America**, v. 42, n. 2, p. 333-347, 2013.

KALYANI, R. R.; CORRIERE, M.; FERRUCCI, L. Age-related and disease-related muscle loss: the effect of diabetes, obesity, and other diseases. **The lancet Diabetes & endocrinology**, v. 2, n. 10, p. 819-829, 2014.

KRUSE, R.L.; LEMASTER, J.W.; MADSEN, R. W. Fall and Balance Outcomes After an Intervention to Promote Leg Strength, Balance, and Walking in People With Diabetic Peripheral Neuropathy: “Feet First” Randomized Controlled Trial. **Physical Therapy**, v. 90, n. 11, p. 1568-1579, 2010.

LEE, K.; LEE, S.; SONG, C. Whole-Body Vibration Training Improves Balance, Muscle Strength and Glycosylated Hemoglobin in Elderly Patients with Diabetic Neuropathy. **Tohoku J. Exp. Med**, v. 231, p. 305-314, 2013.

MARTIN, I. S. et al. Causas referidas para o desenvolvimento de úlceras em pés de pessoas com diabetes *mellitus*. **Acta Paul Enferm**, v. 25, n. 2, p. 218-24, 2012.

NENKOVA, S. et al. The effects of isometric exercises and stretching on postural stability in Non–Insulin Dependent Diabetes Mellitus patients with diffuse symmetrical sensory motor neuropathy. **South African Journal of Physiotherapy**, v. 65, n. 2, p. 27-31, 2009.

PARK, S. W. 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. 1507-12, 2007.

PARK, S. W. et al. Excessive loss of skeletal muscle mass in older adults with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, v. 32, n. 11, p. 1993-7, 2009.

RICHARDSON, J. K.; SANDMAN, D.; VELA, S. A focused exercise regimen improves clinical measures of balance in patients with peripheral neuropathy. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 82, p. 205-9, 2001.

SACCO, I. C. N. et al. Medial longitudinal arch change in diabetic peripheral neuropathy. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 17, p. 13-16, 2009.

SEMEL, J. et al. "Predictors of outcome following hip fracture rehabilitation." **PM & R**, v. 2, n. 9, p. 799-805, 2010.

SONG, C. H. et al. Effects of an Exercise Program on Balance and Trunk Proprioception in Older Adults with Diabetic Neuropathies. **Diabetes technology & therapeutics**, v. 13, n. 8, p. 803-11, 2011.

STROTMEYER, E. S. et al. "Nontraumatic fracture risk with diabetes mellitus and impaired fasting glucose in older white and black adults: the health, aging, and body composition study," **Archives of Internal Medicine**, v. 165, n. 14, p. 1612-17, 2005.

VAN SCHIE, G. H. M. A review of the Biomechanics of the diabetic foot. **International Journal of Lower Extremity Wounds**, v. 4, n. 3, p. 160-70, 2005.

WEINER, D. K. et al. Functional Reach: a marker of physical frailty. **JAGS**, n. 40, p. 203-7, 1992.

## APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa ``**Efeito do treino resistido sobre a força muscular, equilíbrio e cognição de indivíduos portadores de diabetes tipo 2.**`, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) **Camilla Rodrigues de Souza Silva**, rua Elpídio Branco, nº 132, apt. 203, Várzea, Recife/PE, CEP:50740-250 – Telefone: (81) 9977-0146, e-mail: ft.camillarodrigues@gmail.com. Também participam desta pesquisa os pesquisadores: André dos Santos Costa (81 9330-4141) e está sob a orientação de: Sílvia Regina Arruda de Moraes Telefone: (81 9904-8714), e-mail (sramoraes@gmail.com).

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensível, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde com a realização do estudo pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Caso não concorde não haverá penalização, bem como será possível retirar o consentimento a qualquer momento, também sem qualquer penalidade.

#### INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

➤ O objetivo da pesquisa é verificar se o exercício físico melhorará a força das suas pernas, seu equilíbrio, e memória, evitando, assim, complicações que acontecem nele por conta do diabetes. A sua participação é muito importante e ela se dará da seguinte forma: inicialmente será feita uma entrevista (para saber: seus dados pessoais, se o senhor(a) tem alguma doença, se fuma, bebe, se toma alguma medicação, se já caiu ou fraturou algum osso). Posteriormente serão verificados os seus sinais vitais (pressão arterial, frequência cardíaca e frequência respiratória), mensurados a altura e o peso. Em seguida, será aplicado um questionário para verificar se o senhor(a) tem ou não alguma alteração nas pernas por conta do diabetes. Será realizado um exame físico para saber se tem alguma parte dos seus pés que o senhor(a) não sente, quando se toca com um nylon, ou quando se toca com algo quente ou frio. E também será verificado como está sua força nas pernas, seu equilíbrio e memória. O senhor(a) participará de palestras sobre o diabetes e receberá panfletos sobre os cuidados que precisa ter com a doença. Nossa pesquisa irá ter um grupo que irá realizar exercício físico, e um grupo que inicialmente só irá participar das palestras, mas será garantido aos participantes desse grupo, que depois de três meses, será iniciado o exercício físico. O questionário e o exame físico serão realizados em dois momentos: antes da aplicação do exercício físico, e ao fim de três meses. O senhor(a) será encaminhado para realizar exames de equilíbrio e de força nas pernas, e testes de memória em dois momentos: um que será feito antes de o senhor(a) começar o exercício físico, e outro que será feito três meses após o início do exercício físico. Esses exames serão utilizados para compararmos se houve melhora do equilíbrio, da força nas pernas e da memória com a aplicação do exercício físico. O programa de exercício físico, será realizado três vezes na semana (segunda, quarta e sexta), das 8h às 9:30h da manhã e durará um total de 12 semanas (3 meses). Antes e após cada sessão, serão avaliados sua frequência cardíaca, pressão arterial e glicemia. Os exercícios serão realizados em máquinas de musculação, com exercícios para fortalecer os braços e as pernas.

➤ O presente estudo oferece riscos em relação a possíveis efeitos do treinamento físico, como dores musculares e cansaço durante o treinamento, porém haverá uma constante monitorização dos sinais vitais durante toda a intervenção.

➤ Os benefícios esperados são a melhora da sua força nas pernas, equilíbrio e memória, devido à prática de exercício físico, evitando, assim, complicações que acontecem devido ao diabetes.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (entrevistas, fotos, filmagens), ficarão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos. Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (**Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br**).

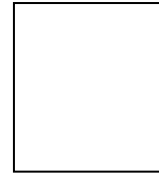
Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)**

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo ``**Efeito do treino resistido sobre a força muscular, equilíbrio e cognição de indivíduos portadores de diabetes tipo 2.**``, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento).

Impressão digital (opcional)

Local e data: \_\_\_\_\_



Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar.**

(02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores)

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_



## APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO

Nome: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) F ( ) M

Profissão: \_\_\_\_\_ Estado civil: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fone para contato: \_\_\_\_\_

Tempo de diagnóstico do diabetes: \_\_\_\_\_

### HIPOGLICEMIANTE ORAL:

Tipo: \_\_\_\_\_ Dose: \_\_\_\_\_ Horário: \_\_\_\_\_

### INSULINA:

Tipo: \_\_\_\_\_ Dose: \_\_\_\_\_ Horário: \_\_\_\_\_

### OUTRAS MEDICAÇÕES

( ) Sim ( ) Não

Quais:

### COMPLICAÇÕES CRÔNICAS

( ) Retinopatia ( ) Hipertensão ( ) Cardiopatia  
 ( ) Nefropatia ( ) Pé diabético ( ) Neuropatia  
 ( ) Reumatológicas ( ) Outras Complicações

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### EXERCÍCIO FÍSICO REGULAR ANTERIOR

( ) Sim ( ) Não

SE SIM, QUANTO TEMPO NÃO PRATICOU-

\_\_\_\_\_

SE SIM, QUANTO TEMPO PRATICOU

\_\_\_\_\_

SE SIM, QUAL A MODALIDADE

\_\_\_\_\_

FUMA?

BEBE?

( ) Sim ( ) Não

( ) Sim ( ) Não

**ATIVIDADES DE VIDA DIÁRIA**

( ) Independente ( ) apresenta limitações.  
Quais? \_\_\_\_\_

JÁ APRESENTOU ALGUM ESPISÓDIO DE QUEDA? ( ) Sim ( ) Não

JÁ FRATUROU ALGUM OSSO? ( ) Sim ( ) Não

**GLICEMIA:**

Glicemia de jejum: \_\_\_\_\_ Horário: \_\_\_\_\_

Glicemia pós prandial: \_\_\_\_\_ Horário: \_\_\_\_\_

HbA1c: \_\_\_\_\_

Pressão Arterial (PA): \_\_\_\_\_

**Medidas antropométricas:**

Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_ IMC: \_\_\_\_\_

**TESTE ERGOMÉTRICO:**

Data: \_\_\_\_\_

FCrepouso: \_\_\_\_\_

FCmáx: \_\_\_\_\_

FCtreino: \_\_\_\_\_

VO2máx: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE D – FICHA DE AVALIAÇÃO DA NEUROPATIA

**NOME:** \_\_\_\_\_

**IDADE:** \_\_\_\_\_

**TEMPO DE DIAGNÓSTICO:** \_\_\_\_\_

**PONTUAÇÃO QUESTIONÁRIO (ESN):** \_\_\_\_\_

\* (3 – 4 → SINTOMAS LEVES) / \*( 5 – 6 → SINTOMAS MODERADOS)/ \* (7 – 9 → SINTOMAS GRAVES)

	DIREITO	ESQUERDO
REFLEXO AQUILEU		
VIBRATÓRIA		
DOLOROSA		
TÉRMICA		
TOTAL (ECN)		

\* (3 – 5 → SINAIS LEVES) / \*( 6 – 8 → SINAIS MODERADOS)/ \* (9 – 10 → SINAIS GRAVES)

**CRITÉRIOS DIAGNÓSTICOS:**

- ( ) SINAIS MODERADOS COM SINTOMAS LEVES
- ( ) SINAIS MODERADOS SEM SINTOMAS LEVES
- ( ) SINAIS LEVES COM SINTOMAS MODERADOS

## APÊNDICE E – PROTOCOLO 1 RM

AVALIAÇÃO DE FORÇA MUSCULAR MÁXIMA COM RESISTÊNCIA EXTERNA DINÂMICA CONSTANTE											
Paciente:					Idade:		anos		Cód.:		
Gênero: ( ) Masculino ( ) Feminino			Classificação do Nível de Atividade Física: ( ) Ativo ( ) Irregularmente Ativo ( ) Inativo								
Principais Doenças:											
<i>AJUSTE ERGONÔMICO INDIVIDUALIZADO DOS EQUIPAMENTOS DE TREINAMENTO FÍSICO CONCORRENTE</i>											
Equipamento			Encosto	Pés/Mãos	Banco	Equipamento			Encosto	Pés	Banco
Máquina Supino Reto Vertical			x			Máquina Leg Press Horizontal				x	x
Máquina Cadeira Extensora					x	Máquina Abdominal Crunch			x	x	
Puxada Pela Frente na Polia Alta			x		x	Bicicleta Ergométrica					x
<i>FAMILIARIZAÇÃO: ADAPTAÇÃO AMBIENTAL E TESTE DE CARGA RELATIVA</i>											
Primeira Sessão ( / / )		PA <sub>INÍCIO</sub> : x		Segunda Sessão ( / / )		PA <sub>INÍCIO</sub> : x		Terceira Sessão ( / / )		PA <sub>INÍCIO</sub> : x	
FC <sub>REPOUSO</sub> :		PA <sub>FINAL</sub> : x		FC <sub>REPOUSO</sub> :		PA <sub>FINAL</sub> : x		FC <sub>REPOUSO</sub> :		PA <sub>FINAL</sub> : x	
		1ª Série		2ª Série		T.C.R.		1ª Série		2ª Série	
Supino Reto Vertical		kg		kg		rep		kg		kg	
Cadeira Extensora		kg		kg		rep		kg		kg	
Puxada Pela Frente		kg		kg		rep		kg		kg	
Leg Press Horizontal		kg		kg		rep		kg		kg	
Abdominal Crunch		kg		kg		rep		kg		kg	
Bicicleta Ergométrica		min		min		rpm		min		rpm	
OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:											

RESULTADOS DOS TESTES DE CARGA RELATIVA E PREDIÇÃO DA 1RM										
Equipamento de Musculação	Intervalo de Recuperação Entre as Séries de 1RM		Incremento Inicial de Carga		T.C.R.		Predição da 1RM			
							Int. 100%	Int. 70%	Int. 50%	
Máquina Supino Reto Vertical	3	min		kg	kg	rep	kg	kg	kg	
Máquina Cadeira Extensora	3	min		kg	kg	rep	kg	kg	kg	
Puxada Pela Frente na Polia Alta	3	min		kg	kg	rep	kg	kg	kg	
Máquina Leg Press Horizontal	3	min		kg	kg	rep	kg	kg	kg	
Máquina Abdominal Crunch	3	min		kg	kg	rep	kg	kg	kg	
<i>AValiação REAL DA CARGA DA 1RM</i>										
<i>Pré-Teste de 1RM - Aquecimento Muscular</i>										
Aquecimento Muscular Geral				Aquecimento Muscular Específico						
Equipamento Ergômetro		Intensidade		Status		Etapas		Intensidade		Status
Esteira Ergométrica		5 à 9		km <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>		1ª) Alongamento Muscular Estático		15 seg / Exercício		
Cicloergometro de MMSS				rpm		2ª) Série de 8 Repetições		50% da 1RM Preditada		
Cicloergometro de MMII		60 à 70		rpm		3ª) Série de 3 Repetições		70% da 1RM Preditada		
<i>Teste de 1RM - Mensuração da Carga</i>										
Equipamento de Musculação	1ª Série	Status	2ª Série	Status	3ª Série	Status	4ª Série	Status	5ª Série	Status
Máquina Supino Reto Vertical ( / / )	kg		kg		kg		kg		kg	
Máquina Cadeira Extensora ( / / )	kg		kg		kg		kg		kg	
Puxada Pela Frente na Polia Alta ( / / )	kg		kg		kg		kg		kg	
Máquina Leg Press Horizontal ( / / )	kg		kg		kg		kg		kg	
Máquina Abdominal Crunch ( / / )	kg		kg		kg		kg		kg	
OBSERVAÇÕES IMPORTANTES:										





## ANEXO A – ESCALA PARA DIAGNÓSTICO DA PNDD

---

### Escore de Sintomas Neuropáticos (ESN)

---

Original: Young MJ, Boulton AJM, Macleod AF e cols.

Tradução: Moreira RO, Castro AP, Papelbaum M e cols

- |   |   |                      |
|---|---|----------------------|
| 1. O senhor(a) tem experimentado dor ou desconforto nas pernas?   | <input type="checkbox"/> Se NÃO, interromper a avaliação<br><input type="checkbox"/> Se SIM, continuar a avaliação                            |                      |
| 2. Que tipo de sensação mais te incomoda?<br>(Descrever os sintomas se o paciente não citar nenhum destes)  | <input type="checkbox"/> Queimação, dormência ou formigamento<br><input type="checkbox"/> Fadiga, câimbras ou prurido                         | 2 pt<br>1 pt         |
| 3. Qual a localização mais frequente desse(a) (sintoma descrito)?   | <input type="checkbox"/> pés<br><input type="checkbox"/> panturrilha<br><input type="checkbox"/> outra localização                            | 2 pt<br>1 pt<br>0 pt |
| 4. Existe alguma hora do dia em que este(a) (sintoma descrito) aumenta de intensidade?  | <input type="checkbox"/> durante a noite<br><input type="checkbox"/> durante o dia e a noite<br><input type="checkbox"/> apenas durante o dia | 2 pt<br>1 pt<br>0 pt |
| 5. Este(a) (sintoma descrito) já o(a) acordou durante a noite?  | <input type="checkbox"/> sim<br><input type="checkbox"/> não  | 1 pt<br>0 pt         |
| 6. Alguma manobra que o(a) senhor(a) o realiza é capaz de diminuir este(a) (sintoma descrito)? (Descrever as manobras para o paciente se ele não citar nenhuma delas) | <input type="checkbox"/> andar<br><input type="checkbox"/> ficar de pé<br><input type="checkbox"/> sentar ou deitar                           | 2 pt<br>1 pt<br>0 pt |

Escore Total: \_\_\_\_\_ Classificação: Leve / Moderado / Grave.

Um escore de 3–4 implica em sintomas leves, 5–6 sintomas moderados e 7–9 sintomas graves.

---

### Escore de Comprometimento Neuropático (ECN)

Original: Young MJ, Boulton AJM, Macleod AF e cols.

Tradução: Moreira RO, Castro AP, Papelbaum M e cols.

O ECN é derivado do exame do Reflexo Aquileu e da sensibilidade vibratória, dolorosa e térmica do hálux bilateralmente. As modalidades sensitivas devem ser pontuadas com (0) se presente, (1) se reduzido/ausente, e os reflexos como (0) se normal, se presente com reforço ou (2) se ausente, para cada lado.

		Direito	Esquerdo
Reflexo Aquileu			
	Vibratória		
Sensação	Dolorosa		
	Térmica		

Escore Total: \_\_\_\_\_ Classificação: Leve / Moderada / Grave

Pontuações: de 3 a 5 é considerado com evidência de sinais neuropáticos leves; 6 a 8, como moderado, e um escore de 9 a 10, como sinais neuropáticos graves.

#### Critérios Diagnósticos

##### Neuropatia Periférica: ( ) SIM ( ) NÃO

Os critérios mínimos aceitáveis para o diagnóstico de neuropatia periférica são: sinais moderados com ou sem sintomas ou sinais leves com sintomas moderados. Sinais leves sozinhos ou com sintomas leves não são considerados adequados para se fazer o diagnóstico de neuropatia periférica.



## ANEXO B – ARTIGO ORIGINAL 1

### **Quadriceps muscle architecture ultrasonography of individuals with type 2 diabetes: reliability and applicability**

#### **Quadriceps muscle architecture of individuals with type 2 diabetes**

\*Camilla Rodrigues de Souza Silva<sup>1</sup>, André dos Santos Costa<sup>2</sup>, Taciano Rocha<sup>3</sup>, Diogo Arruda Martins de Lima<sup>4</sup>, Tamires do Nascimento<sup>4</sup>, Sílvia Regina Arruda de Moraes<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil;* <sup>2</sup>*Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil;* <sup>3</sup>*Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil;* <sup>4</sup>*Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil;* <sup>5</sup>*Departamento de Anatomia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.*

---

\*Departamento de Anatomia, Universidade Federal de Pernambuco, CEP: 50670-901, Recife, Brasil; Tel: 55 (81) 32126-8567; E-mail: ft.camillarodrigues@gmail.com

**Conflicts of Interest:** none of the authors have any conflicts of interest.

**Statment of financial:** this study did not receive funding.

**Acknowledgement:** the authors gratefully acknowledge the Universidade Federal de Pernambuco that supported this study.

## **Quadriceps muscle architecture ultrasonography of individuals with type 2 diabetes: reliability and applicability**

**Introduction:** muscle architecture parameters performed using ultrasound serve as an aid to monitor muscle changes derived from diseases, however there are no studies that determine the reliability and applicability of this evaluation in individuals with type 2 diabetes (DM2).

**Methods:** three raters captured three images of measurements of thickness of the rectus femoris (RF), vastus intermedius and anterior quadriceps, RF muscle cross-sectional area, RF pennation angle in 17 individuals with DM2 above 50 and sedentary. **Results:** Intra and inter-raters analysis showed reliability from high to very high for the three raters ( $ICC > 0.87$ ), except for the RF pennation angle with moderate to low intra-raters ( $ICC = 0.58, 0.48, 0.51$ ), and high inter-rater reliability ( $ICC = 0.70$ ). **Discussion:** Ultrasound measurements of quadriceps muscles showed high to very high intra and inter-raters reliability, thus allowing its use to monitor muscle changes provoked by diabetes or interventions in individuals with DM2.

**Keywords:** muscle thickness; pennation angle; diabetes complications; ultrasound; quadriceps; rectus femoris

## Introduction

Diabetes *mellitus* facilitates the installation and development of chronic complications<sup>1</sup>, such as diabetic neuropathy<sup>2,3</sup>, and sarcopenia.<sup>4</sup> People with diabetes are more likely to suffer accelerated loss of mass and muscle strength over time, particularly in the lower extremities<sup>5,6</sup> which is related to the increased risk of mortality in individuals with type 2 diabetes.<sup>7</sup>

Interventions to augment lower limb muscle strength have been suggested to enhance mobility and quality of life of patients with type 2 diabetes.<sup>8</sup> In this sense, physical training has been proven positive in this population, minimizing muscular deficits while allowing meaningful changes in body composition, such as fat loss and increased lean body mass with improvements in muscle strength.<sup>9,10</sup>

One parameter used to assess the function and morphology of the muscle is the analysis of skeletal muscle architecture, defined as the geometric arrangement of muscle fibers<sup>11</sup> and that can be evaluated in a non-invasive and low-cost way through ultrasound (US).<sup>12</sup> Muscle thickness and pennation angle are critical parameters when assessing muscle function during human movements.<sup>13</sup> Muscle thickness is linked with strength<sup>14</sup>, whereas pennation angle is with the efficient transmission of muscle fiber force to the tendon.<sup>15</sup>

Thus, it is probable that assessing parameters of muscular architecture performed using US will serve as aid to monitor muscle modifications derived from illness and responses to interventions proposed to these individuals. However, studies involving assessment regarding reliability of measurement of these parameters in lower limbs were performed in healthy individuals, or in neuromuscular or critically ill patients<sup>16,17</sup> though, so far, such claim is nonexistent in the literature as to individuals with type 2 diabetes. Therefore, the purpose of this study was to use US technique and measure the thicknesses of RF, vastus intermedius

(VI) and anterior quadriceps, including the cross-sectional area and pennate angle of the RF to underpin reliability values of these measurements in individuals with type 2 diabetes.

## **Methods**

### **Design and participants**

It is a cross-sectional study made between November 2016 - April 2017. Were recruited participants volunteers with type 2 diabetes with diabetic neuropathy, over 50 years of age, sedentary and with no history of lower limbs osteomioarticular injuries. They signed a free and clear consent form prior to the study. Assessments were performed in the Laboratory of Ultrasonography of the Complex of Laboratories Prof. José César de Albuquerque Farias of the Department of Physical Education of the Federal University of Pernambuco. This study is in conformity with Resolution 466/12 of CNS / Brazil, the Declaration of Helsinki for research involving human beings, and was previously approved by the Committee of Ethics in Research Committee of the Federal University of Pernambuco under the protocol number CAAE: 45169515.7.0000.5208.

### **Assessment with Ultrasound**

The muscle assessment was performed using images in B mode obtained with an ultrasound device LOGIQ P5 (GE Medical Systems Ultrasound & Primary Care Diagnostics, Milwaukee, WI, USA); as well as a transducer with a sampling frequency between 10 - 13 MHz and with a viewing area of 4 centimeters.

Were assessed the thickness of RF, the thickness of VI, the thickness of anterior quadriceps (Figure 1), the RF muscle cross-sectional area (Figure 2), and the pennation angle of the RF (Figure 3). Assessments were performed during visit on each participant dominant limb. Participants were instructed to hydrate normally and not engage in any exercise session or intense physical activity within 72 hours prior to assessments.

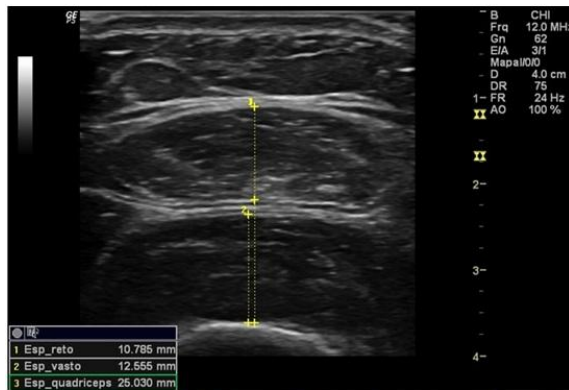


Figure 1 - Measurements of thickness of rectus femoris, thickness of vastus intermedius and thickness of anterior quadriceps.

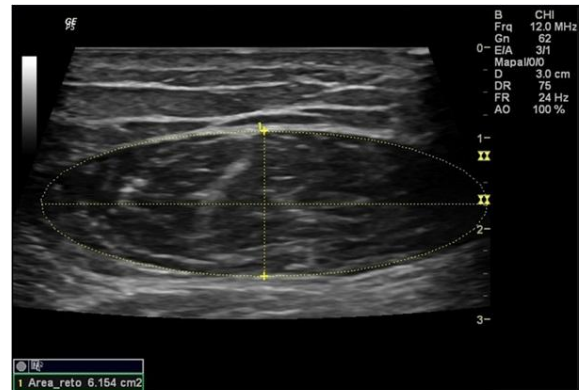


Figure 2 - Measurement of rectus femoris muscle cross-sectional area.



Figure 3 - Measurement of rectus femoris pennation angle.

The participant remained in the supine position with 10 ° knee flexion to capture images, and the transducer positioned at 50% of the distance between the greater trochanter and the interarticular line of the knee, transversely to the muscle for thickness measurements and cross-sectional area, and longitudinally for the measurement of pen angle.<sup>18</sup>

The RF thickness was set as the linear distance between the two superficial and internal aponeuroses of the RF muscle; thickness of VI as the linear distance between the superficial aponeurosis of the VI muscle and the surface of the femur; thickness of anterior quadriceps as the linear distance between the superficial aponeurosis of the RF muscle and the femur surface; the pennation angle of the RF determined at the point of intersection between the muscle fascicles of the rectus femoris and the internal aponeurosis, through the angle formed between both structures. The RF muscle cross-sectional area was defined by the area

of the ellipse formed between the two superficial and internal aponeuroses of the RF muscle in the expanded image mode.

Images were taken by each of the previously trained 3 raters who captured 3 images for each assessed parameter, resulting in an average of 3 measurements of each rater of each assessed parameter.

### **Statistical analysis**

Data were analyzed using SPSS 20.0 (IBM Corp., Chicago, IL, USA). The normality of the data of each variable was analyzed with the Shapiro-Wilk test and the data were described as mean and standard deviation. The limit of statistical significance was set at  $P < 0.05$ .

For intra-rater reliability analysis, the coefficient of interclass correlation and confidence intervals (ICC and 95% CI), including the coefficient of variation (CV), which was calculated from the division of the standard deviation (SD) by the mean value of the three measures ( $CV = [SD/mean] * 100$ ). The inter-rater analysis considered the comparison between the means of each rater, which provided a value of ICC (95% CI) and an average CV calculated from the mean of the CV of each individual, followed by the calculation of the standard error measurement (SEM) resulting from the ratio between the SD of the differences obtained between the measures of the raters and the square root of the number two ( $SEM = SD/\sqrt{2}$ ),<sup>19</sup> thus enabling computation of each variable minimal detectable difference (MDD).

For ICC classification values between 0.00-0.25 were considered as unreliability; those between 0.26-0.49 as low reliability; the ones between 0.50-0.69 as moderate reliability; between 0.70-0.89 as high reliability, and between 0.90-1.00 as very high reliability.<sup>20</sup>

## Results

Seventeen volunteers participated in the study (11 women:  $58.9 \pm 4.6$  years,  $72.2 \pm 11.3$  kg,  $157 \pm 4$  cm, and 6 men:  $61.2 \pm 4.5$  years,  $74.7 \pm 9.6$  kg,  $167.6 \pm 7.9$  cm).

The Shapiro-Wilk test showed a normal distribution of inter- and intra-rater measurements. Detailed data of the reliability analysis are shown in table 1.

The intra-rater analyzes showed very high reliability by the three raters ( $ICC > 0.9$ ), except for the thickness of anterior quadriceps parameter measured by the rater 2 that presented a high reliability ( $ICC = 0.87$ ), and for the pennation angle of the RF parameter showing moderate reliability by raters 1 and 3 ( $ICC = 0.58, 0.48, 0.51$ ), and low reliability by rater 2 ( $ICC = 0.48$ ). The highest CV and MDD were observed in the pennation angle of the RF variable.

**Table 1.** Descriptive values of intra and inter-rater reliability analysis.

		Mean $\pm$ SD	ICC (95%IC)	SEM	CV (%)	MDD
<b>RF thickness (mm)</b>	R1	12,12 $\pm$ 2,56	0,96 (0,91 a 0,98)	1,48	3,35	
	R2	13,30 $\pm$ 2,76	0,97 (0,93 a 0,98)	1,37	3,0	
	R3	12,75 $\pm$ 2,57	0,95 (0,90 a 0,98)	1,65	3,82	
	Inter	12,74 $\pm$ 2,49	0,93 (0,85 a 0,97)	1,98	6,70	5,48
<b>VI thickness (mm)</b>	R1	12,61 $\pm$ 3,22	0,99 (0,98 a 0,99)	0,86	2,07	
	R2	12,33 $\pm$ 2,66	0,98 (0,95 a 0,99)	1,14	2,66	
	R3	12,29 $\pm$ 2,97	0,97 (0,95 a 0,99)	1,27	2,77	
	Inter	12,39 $\pm$ 2,76	0,92 (0,84 a 0,97)	2,24	7,66	6,21
<b>Anterior quadriceps</b>	R1	26,06 $\pm$ 4,93	0,98 (0,96 a 0,99)	1,81	1,70	

<b>(mm)</b>	R2	27,13 ± 4,02	0,97 (0,95 a 0,99)	1,77	1,80	
	R3	26,25 ± 4,56	0,87 (0,74 a 0,94)	4,50	3,21	
	Inter	26,43 ± 4,28	0,93 (0,85 a 0,97)	3,30	6,18	9,14
<b>RF cross-sectional area (cm<sup>2</sup>)</b>	R1	4,37 ± 1,52	0,96 (0,93 a 0,98)	0,81	4,80	
	R2	4,50 ± 1,68	0,96 (0,93 a 0,98)	0,88	5,46	
	R3	4,73 ± 1,58	0,98 (0,96 a 0,99)	0,47	3,36	
	Inter	4,53 ± 1,50	0,94 (0,87 a 0,98)	1,07	12,16	2,97
<b>RF pennation angle (degrees)</b>	R1	8,57 ± 1,99	0,58 (0,30 a 0,80)	3,86	15,97	
	R2	11,92 ± 5,52	0,48 (0,20 a 0,74)	5,41	18,44	
	R3	8,88 ± 2,38	0,51 (0,22 a 0,76)	5,07	21,68	
	Inter	8,76 ± 1,78	0,70 (0,32 a 0,88)	2,93	15,82	8,12

RF= rectus femoris; VI= vastus intermedius; R1= rater 1; R2= rater 2; R3= rater 3; SD= standard deviation; ICC= intra-class correlation coefficient; IC= confidence interval; SEM= standard error of measurement; CV= coefficient of variation; MDD= minimal detectable difference.

In the inter-analyzer analysis, very high reliability was observed in all assessed parameters (ICC > 0.9), except for the pennation angle of the RF parameter showing a high reliability (ICC = 0.70). The highest CV was observed in pennation angle of the RF (16%), followed by RF muscle cross-sectional area (12%), while the lowest CV was in the thickness of anterior quadriceps (6%). The highest SEM was observed in the thickness of anterior quadriceps variable (3.3 mm), while the lowest SEM value was observed in the pennation angle of the RF (1.07 mm). MDD values varied directly in proportion to the SEM values, with a maximum value in the thickness of anterior quadriceps variable (9.14 mm), and a minimum value in the pennation angle of the RF variable (2.97 mm).



## Discussion

To our knowledge, this is the first study that assess the reliability of the US in muscular quadriceps architecture measurements of individuals with type 2 diabetes.

Our results showed that the US presented a high to very high reliability for the determination of the parameters of thickness of RF, thickness of VI, thickness of anterior quadriceps, RF muscle cross-sectional area, and pennation angle of the RF muscle in the intra and interrater analysis; which suggests that such muscular architecture parameters obtained via quadriceps US images can be used as reliable measures to assess the size, quality, muscle area, including monitoring possible modifications resulting from nutritional interventions and exercise in the muscular architecture of this diabetic population.

ICC values of muscle thickness (RF, VI, anterior quadriceps) were in a range of 0.87-0.99 for the quadriceps, considering the intra and interrater analysis, which is a high to very high reliability. These results are in agreement with previous studies that assessed the reliability of measurements in the quadriceps muscles of healthy men and young women in intra-rater analysis,<sup>13,21,22</sup> and critically ill young adults,<sup>23</sup> in the same analysis. The highest reliability observed in the present study was for thickness of VI (ICC = 0.99) obtained by rater 1; which is identical to the result observed in the study of Ruas et al<sup>21</sup> that analyzed the same parameter in 10 healthy schoolchildren.

CV and SEM data were not always described by the studies stated above, though one of them<sup>13</sup> presented CV values for RF (2.4%); which were lower than ours (3.0-3.82%). The study by Gomes et al<sup>24</sup> presented the CV for thickness of anterior quadriceps (4.6%) higher than ours (1.70-3.21%) in the intra-rater analysis. SEM values were solely described in the study of Ruas et al<sup>21</sup> (RF = 0.72; VM = 0.73); which were lower than those found in ours (RF = 1,37-1,61; VI = 0.86-1.27). The reasons behind these inconsistencies may be related to the muscle changes caused by diabetes or higher age we made use of. Another study reported that

age could contribute to differences in quadriceps thickness measurements after testing a cohort that included participants between 17-90 years<sup>25</sup>. In addition, differences in US adjustments may have contributed to the difference in results existing in previous studies.

The RF muscle cross-sectional area also showed very high reliability in this study, both in the intra-rater analysis (ICC = 0.96-0.98) and in the inter-rater (ICC = 0.94). These results substantiate those presented in previous studies in healthy individuals.<sup>21,26-28</sup> However, CV and SEM values were somewhat lower in the studies that reported these measures when compared to the values found in ours.

Of muscular architecture parameters assessed in this study, only the pennation angle of the RF showed a low to moderate reliability. On the other hand, the study of Ema et al<sup>13</sup> evaluated this same parameter with methodology similar to ours and presented a very high reliability (ICC = 0.95), with a low CV (3.7%). The study, however, was conducted with healthy young individuals.

A clinically important parameter analyzed in the present study was MDD, defined as the minimum detectable difference that should occur between the initial measurement and a subsequent measurement, so that this difference does not correspond to an examiner error, but to a gain or loss generated by an applied intervention.<sup>29</sup> Only the study of Ruas et al<sup>21</sup> submitted this data in the parameters of thickness of RF (2.01mm), thickness of VI (2.03mm), and RF muscle cross-sectional area (0.99cm<sup>2</sup>), in the intra-rater analysis. MDD values found in our study (RF = 5.48mm, VI = 6.21mm, cross-sectional area = 2.97cm<sup>2</sup>) were higher than those of the aforementioned study, although the analysis was performed by inter-raters.

In conclusion, the results showed that, with the exception of pennation angle, the measurements of quadriceps muscle thicknesses (RF, VI, anterior quadriceps) and RF muscle cross-sectional area, quantified through the US, showed very high intra and inter-rater reliability, thus allowing its use for purposes of monitoring muscle changes following

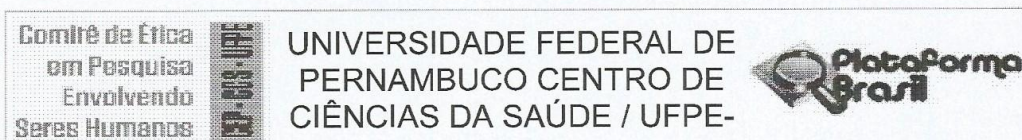
interventions such as diet programs, physical training or rehabilitation of individuals with type 2 diabetes.

## References

1. World Health Organization. Global Report on Diabetes. Isbn 2016;978:88.
2. D'Ambrogi E, Giacomozzi C, Macellari V, Uccioli L. Abnormal foot function in diabetic patients: the altered onset of Windlass mechanism. *Diabetic Med.* 2005;22:1713–9.
3. Van Schie CHM. A review of the Biomechanics of the diabetic foot. *Lower Extremity Wounds.* 2005;4(3):160-70.
4. Umegaki H. Sarcopenia and diabetes: Hyperglycemia is a risk factor for age-associated muscle mass and functional reduction. *Journal of Diabetes Investigation.* 2015;6(6):623-624.
5. Guerrero N, Bunout D, Hirsch S, Barrera G, Leiva L, Henríquez S, De la Maza MP. Premature loss of muscle mass and function in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2016;117: 32-8.
6. Sinclair AJ, Abdelhafiz AH, Rodríguez-Mañas L. Frailty and sarcopenia - newly emerging and high impact complications of diabetes. *Journal of Diabetes and Its Complications.* 2017; 31(9):1465-73.
7. Miyake H, Kanazawa I, Sugimoto T. Low skeletal muscle mass is associated with increased mortality in postmenopausal women with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract.* 2016;S83.
8. IJzerman TH, Schaper NC, Melai T, Meijer K, Willems PJ, Savelberg HH. Lower extremity muscle strength is reduced in people with type 2 diabetes, with and without polyneuropathy, and is associated with impaired mobility and reduced quality of life. *Diabetes Res Clin Pract.* 2012;95(3): 345–351.
9. Praet SFE, van Loon LJC. Exercise: the brittle cornerstone of type 2 diabetes treatment. *Diabetologia.* 2008;51(3):398-401.
10. Yalamanchi SV, Stewart KJ, Ji N, Golden SH, Dobs A, Becker DM, Vaidya D, Kral BG, Kayani RR. The relationship of fasting hyperglycemia to changes in fat and muscle mass after exercise training in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2016;122:154-161.
11. Lieber RL. Skeletal Muscle, Structure, Function, And Plasticity: The Physiological Basis of Rehabilitation. 3ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 26-41.
12. Raj IS, Bird SR, Shield AJ. Ultrasound Measurements of Skeletal Muscle Architecture Are Associated with Strength and Functional Capacity in Older Adults. *Ultrasound in Medicine & Biology.* 2017;43(3):586-594.
13. Ema R, Wakahara T, Mogi Y, Miyamoto N, Komatsu T, Kanehisa H, Kawakami Y. *In vivo* measurement of human rectus femoris architecture by ultrasonography: validity and applicability. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2013;33:267–273.
14. Freilich RJ, Kirsner RL, Byrne E. Isometric strength and thickness relationships in human quadriceps muscle. *Neuromuscul Disord* 1995;5:415-22.
15. Alexander R McN & Vernon A. The dimensions of knee and ankle muscles and the forces they exert. *Journal of Human Movement Studies.* 1975;1:115–123.
16. Abe T, Loenneke JP, Thiebaud RS. Morphological and functional relationships with ultrasound measured muscle thickness of the lower extremity: a brief

- review. *Ultrasound: Journal of the British Medical Ultrasound Society*. 2015;23(3):166-173.
17. English C, Fisher L, Thoires K. Reliability of real-time ultrasound for measuring skeletal muscle size in human limbs in vivo: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*. 2012;26(10):934-94.
  18. Bemben MG. Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. *J Strength Cond Res*. 2002;16:103-8.
  19. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*. 2000;30:1-15.
  20. Munro BH. *Statistical methods for health care research*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins. 5ed. 2005;1.
  21. Ruas CV, Pinto RS, Lima CD, Costa PB, Brown LE. Test-Retest Reliability of Muscle Thickness, Echo-Intensity and Cross Sectional Area of Quadriceps and Hamstrings Muscle Groups Using B-mode Ultrasound. *IJKSS*. 2017;5(1):35-41.
  22. Thoires K, English C. Ultrasound measures of muscle thickness: intraexaminer reliability and influence of body position. *Clin Physiol Funct Imaging* 2009;29:440-6.
  23. Tillquist M, Kutsogiannis DJ, Wischmeyer PE, Kummerlen C, Leung R, Stollery D, Karvellas CJ, Preiser JC, Bird N, Kozar R, Heyland DK. Bedside Ultrasound Is a Practical and Reliable Measurement Tool for Assessing Quadriceps Muscle Layer Thickness. *JPEN Journal of parenteral and enteral nutrition*. 2014;38(7):886-890.
  24. Gomes PSC, Meirelles CM, Leite SP, Montenegro CAB. Confiabilidade da medida de espessuras musculares pela ultrassonografia. *Rev Bras Med Esporte*. 2010;16(1).
  25. Arts IM, Pillen S, Schelhaas HJ, Overeem S, Zwarts MJ. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle & Nerve*. 2010;41(1):32-41.
  26. Ahtiainen J P, Hoffren M, Hulmi JJ, Pietikäinen M, Mero AA, Avela J, Häkkinen K. Panoramic ultrasonography is a valid method to measure changes in skeletal muscle cross-sectional area. *European Journal of Applied Physiology*. 2010;108(2):273-279.
  27. Howe T, Oldham J. The reliability of measuring quadriceps cross-sectional area with compound B ultrasound scanning. *Physiother Res Int: the journal for researchers and clinicians in physical therapy* 1996;1:112.
  28. Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91:116-118.
  29. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. Prentice Hall, Upper Saddle River. 3ed., 2009.

## ANEXO C – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO EFEITO DO TREINO AERÓBIO, RESISTIDO E COMBINADO SOBRE A FORÇA MUSCULAR E EQUILÍBRIO DE INDIVÍDUOS PORTADORES DE DIABETES TIPO 2.

**Pesquisador:** Camilla Rodrigues de Souza Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 45169515.7.0000.5208

**Instituição Proponente:** CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.097.615

**Data da Relatoria:** 03/06/2015

## Apresentação do Projeto:

Trata-se de pesquisa de doutorado da Pós-graduação em Neuropsiquiatria da Universidade Federal de Pernambuco, tendo como orientadora a Profª Dra. Sílvia Regina Arruda de Moraes.

São escassos na literatura estudos que avaliem os efeitos dos diferentes tipos de exercício físico na força muscular, equilíbrio e cognição de indivíduos diabéticos tipo 2. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo, avaliar comparativamente os exercícios aeróbio, resistido e combinado sobre a força muscular, equilíbrio e cognição de indivíduos portadores de diabetes tipo 2. E, posteriormente, avaliar qual dos três protocolos de exercício físico (aeróbio, resistido ou combinado) seria mais eficaz no sentido de redução dos efeitos deletérios do diabetes nesses parâmetros. Será realizado um ensaio clínico controlado e randomizado, no Hospital das Clínicas da UFPE, no departamento de Educação Física da UFPE, e no departamento de Fisioterapia da UFPE. Os indivíduos serão recrutados no setor de endocrinologia do Hospital das Clínicas da UFPE, no Núcleo de Apoio ao Idoso da UFPE, no Instituto Brasileiro de Diabetes (IBRADI), e através de divulgação com panfletos e no boletim informativo da UFPE. Todos os pacientes serão avaliados clinicamente por meio de uma escala para diagnóstico da polineuropatia distal diabética.

**Endereço:** Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS

**Bairro:** Cidade Universitária

**CEP:** 50.740-600

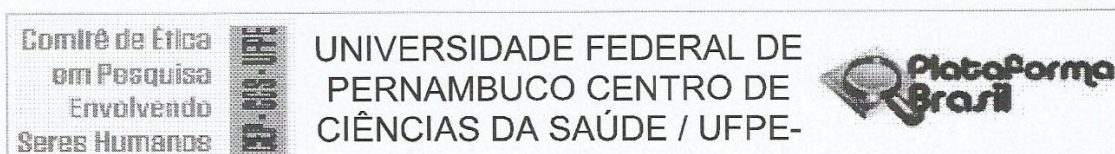
**UF:** PE

**Município:** RECIFE

**Telefone:** (81)2126-8588

**E-mail:** cepccs@ufpe.br





Continuação do Parecer: 1.097.615

**Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

Verificar o efeito do exercício físico regular sobre a força muscular em membros inferiores, o equilíbrio e cognição de indivíduos portadores de diabetes mellitus tipo 2 com neuropatia periférica. E, posteriormente, avaliar qual dos três protocolos de exercício físico (aeróbio, resistido ou combinado) seria mais eficaz no sentido de redução dos efeitos deletérios do diabetes nesses parâmetros.

**Objetivo Secundário:**

Em pacientes diabéticos com neuropatia periférica submetidos ou não ao protocolo de exercício físico: Mensurar os parâmetros antropométricos (peso, altura, índice de massa corpórea), antes e após intervenção; Mensurar níveis de hemoglobina glicada (HbA1c), antes e após intervenção; Avaliar força muscular do grupo dorsiflexor, plantiflexor, extensor e flexor do joelho e flexor do quadril por meio do dinamômetro isoestático digital, antes e após intervenção; Avaliar equilíbrio postural estático e dinâmico, e risco de quedas por meio de um dispositivo de plataforma de estabilidade postural, o Biodex Balance System, antes e após intervenção; Avaliar cognição, memória e estado depressivo através de testes e questionários, antes e após intervenção.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Bem delineados no projeto e TCLE.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Estudo relevante e viável do ponto de vista metodológico, com aplicação prática dos resultados.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Adequados em quantidade e todos assinados, carimbados e datados, de acordo com solicitação do CEP.

**Recomendações:**

Nenhuma.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Nenhuma.

**Situação do Parecer:**

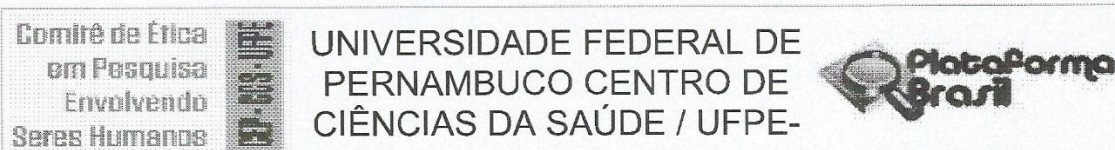
Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Endereço:** Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br





Continuação do Parecer: 1.097.615

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/CCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). O CEP/CCS/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

RECIFE, 09 de Junho de 2015

---

**Assinado por:**  
**LUCIANO TAVARES MONTENEGRO**  
 (Coordenador)

**Endereço:** Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br

## ANEXO D – REGISTRO NO ReBEC

The screenshot displays the top section of the ReBEC website. At the top left, it features the logo for 'Saúde Ministério da Saúde' and the main title 'REGISTRO BRASILEIRO DE Ensaios Clínicos'. A user profile dropdown menu is open, showing the user 'camillarodrigues' with 001 submissions and 000 pending items, along with links for 'Perfil' and 'Painel'. A 'SAIR' button with a power icon is also visible. Below the header, a navigation bar includes links for 'NOTÍCIAS | SOBRE | AJUDA | CONTATO', a search bar with a 'Buscar ensaios' button, and a 'BUSCA AVANÇADA' link. The main content area shows a breadcrumb trail: 'HOME / SUBMISSÕES / SUMÁRIO / TRIAL: RBR-3QKSS EFEITO DO EXERCÍCIO FÍSICO NA FORÇA E EQUILÍBRIO DE INDIVÍDUOS DIABÉTICOS'.

Saúde  
Ministério da Saúde

REGISTRO BRASILEIRO DE  
**Ensaios Clínicos**

USUÁRIO: camillarodrigues | SUBMISSÕES: 001 | PENDÊNCIAS: 000 | Perfil | Painel

SAIR

PT | ES | EN

NOTÍCIAS | SOBRE | AJUDA | CONTATO

**Buscar ensaios**

[BUSCA AVANÇADA](#)

HOME / [SUBMISSÕES](#) / [SUMÁRIO](#) / TRIAL: RBR-3QKSS EFEITO DO EXERCÍCIO FÍSICO NA FORÇA E EQUILÍBRIO DE INDIVÍDUOS DIABÉTICOS



## ANEXO E - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

## CERTIFICADO

**SB**  
SOCIETAD  
DIABETES  
2017

**XI CONGRESSO**  
DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES  
16 A 18 DE NOVEMBRO  
Transamerica Expo Center - São Paulo - SP

Certificamos que o trabalho

**CORRELATION OF DISTAL DIABETIC  
POLYNEUROPATHY SIGNS AND SYMPTOMS WITH  
BALANCE AND STRENGTH OF TYPE 2 DIABETIC  
PATIENTS UNDER INSULIN THERAPY: PILOT STUDY**

foi apresentado na modalidade Pôster, por Camilla Rodrigues de Souza Silva, no evento XXI Congresso da Sociedade Brasileira de Diabetes ocorrido de 16 a 18 de novembro de 2017 no Transamerica Expo Center em São Paulo/SP.

São Paulo, 18 de novembro de 2017

*João Eduardo Nunes Salles*  
JOÃO EDUARDO NUNES SALLES  
Presidente do XI Congresso da  
Sociedade Brasileira de Diabetes

*Sérgio Otala Dib*  
SÉRGIO OTALA DIB  
Presidente da Comissão Científica

REALIZAÇÃO  **SB**  
DIABETES

GERENCIAMENTO  **OCCM**  
CONGRESSOS

## ANEXO F - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

## CERTIFICADO

2017  
**SBDIABETES**  
 SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES

**XXI CONGRESSO**  
 DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES  
 16 A 18 DE NOVEMBRO  
 Transamérica Expo Center - São Paulo - SP

Certificamos que o trabalho

**EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING ON SIGNS AND SYMPTOMS OF DISTAL DIABETIC POLYNEUROPATHY IN TYPE 2 DIABETIC PATIENTS: PILOT STUDY**

dos autores: CAMILLA RODRIGUES DE SOUZA SILVA; ANDRÉ DOS SANTOS COSTA; TAMIRES DO NASCIMENTO; DIOGO ARRUDA MARTINS DE LIMA; SANDRO GONÇALVES DE LIMA; JHONNATAN VASCONCELOS PEREIRA SANTOS; PAULO DAYWSON LOPES DA SILVA; CÉSAR AUGUSTO MELO DE SOUZA; SILVIA REGINA ARRUDA DE MORAES, foi apresentado, na modalidade Pôster, no evento XXI Congresso da Sociedade Brasileira de Diabetes ocorrido de 16 a 18 de novembro de 2017 no Transamerica Expo Center em São Paulo/SP.

São Paulo, 18 de novembro de 2017

*João Eduardo Nunes Salles*

JOÃO EDUARDO NUNES SALLES  
 Presidente do XXI Congresso da  
 Sociedade Brasileira de Diabetes

*Sérgio Atala DIB*

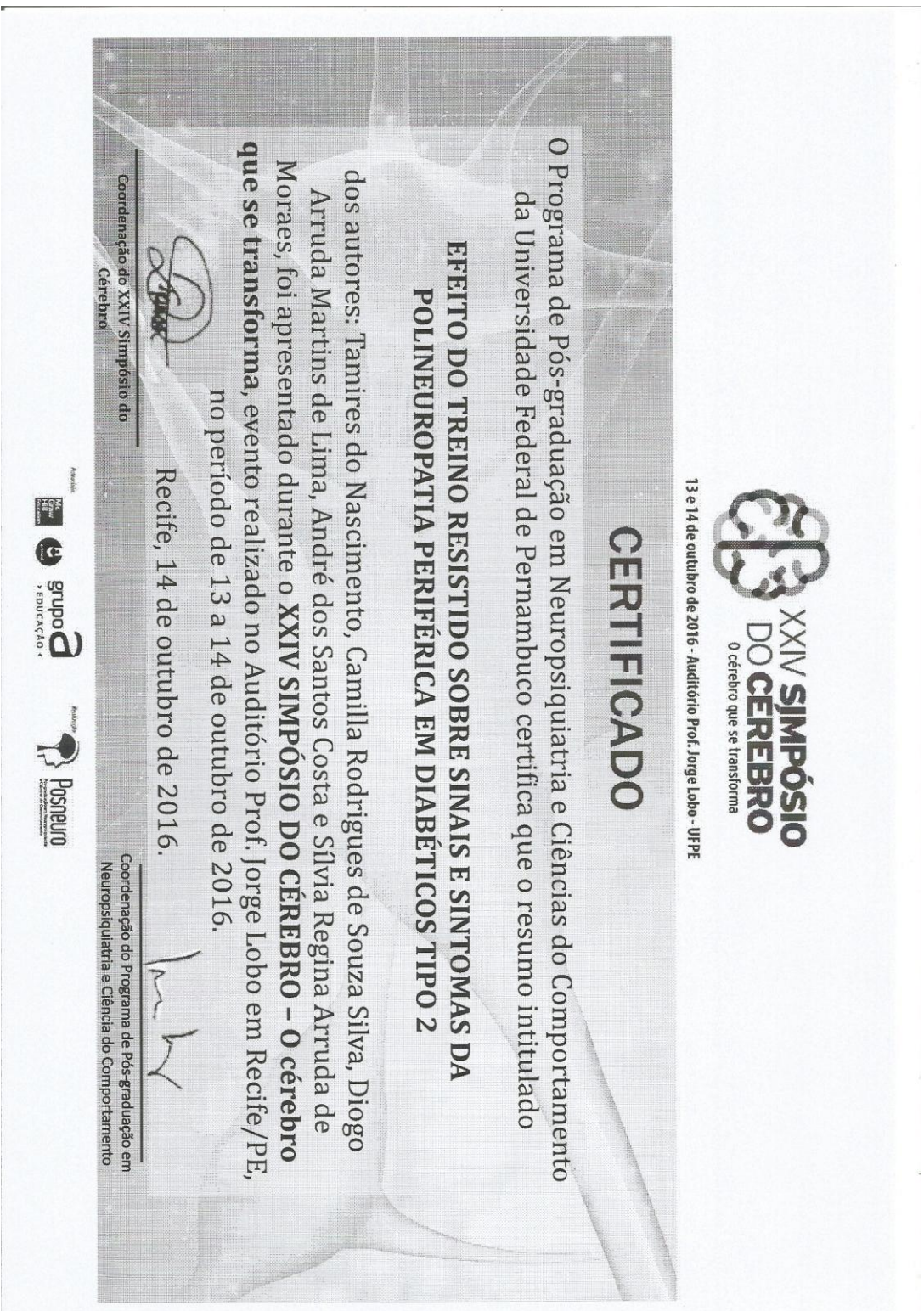
SÉRGIO ATALA DIB  
 Presidente da Comissão Científica

REALIZAÇÃO  

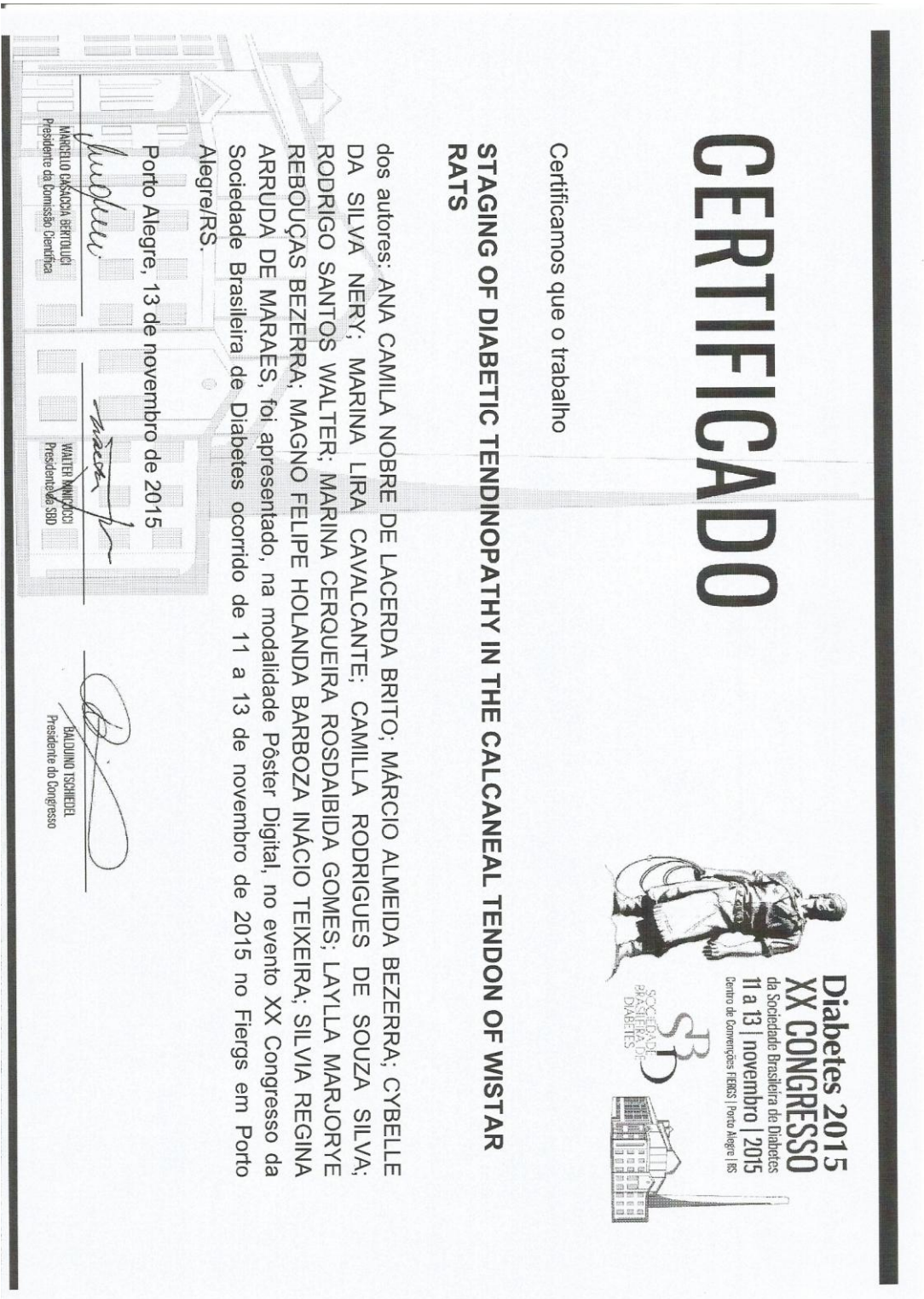

GERENCIAMENTO  




## ANEXO F - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

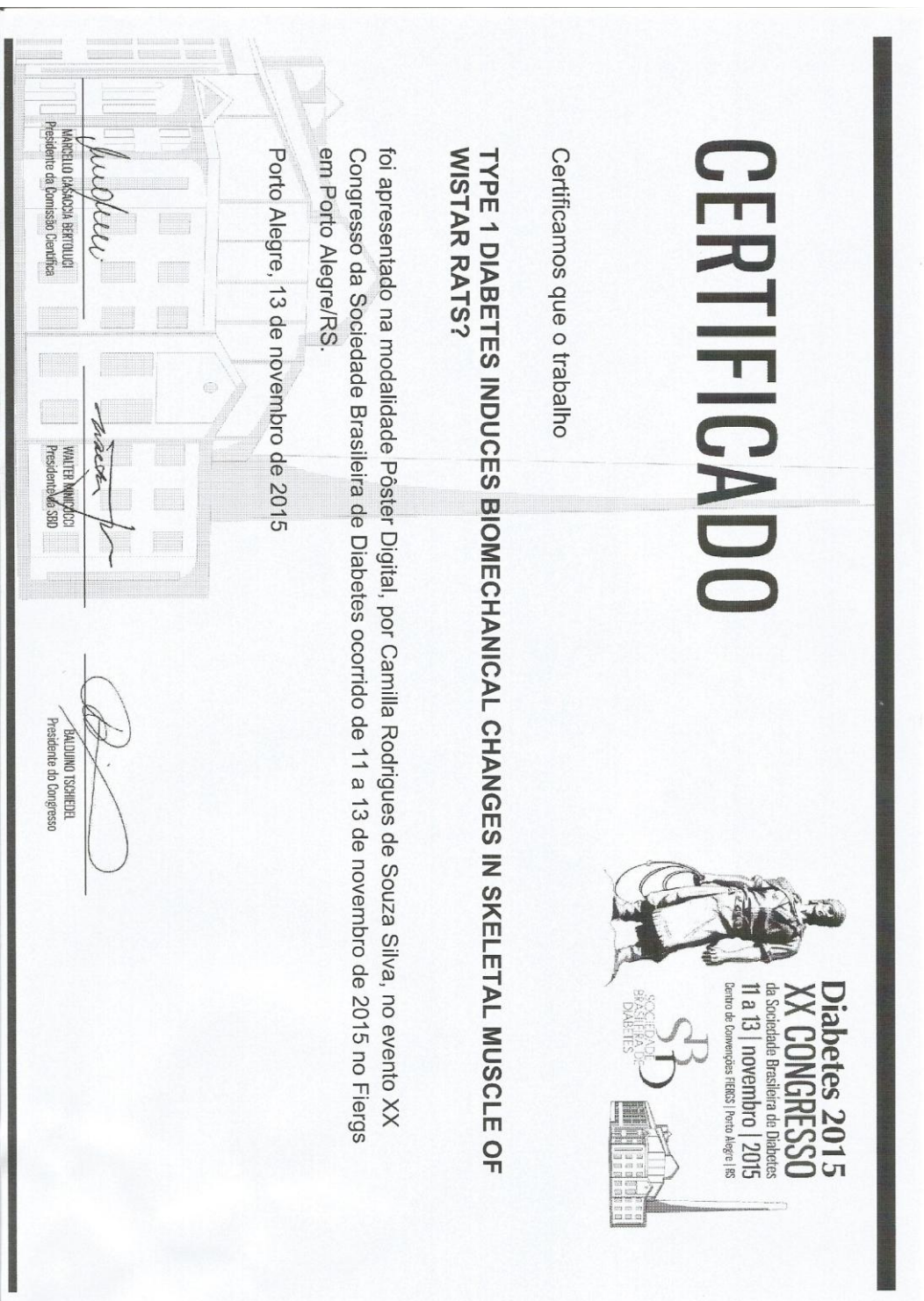


## ANEXO H - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS



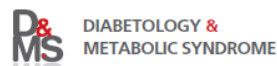


## ANEXO I - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS



## ANEXO J - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

de Souza Silva et al. *Diabetology & Metabolic Syndrome* 2015, 7(Suppl 1):A7  
<http://www.dmsjournal.com/content/7/S1/A7>



DIABETOLOGY &  
METABOLIC SYNDROME

## MEETING ABSTRACT

## Open Access

## Type 1 diabetes induces biomechanical changes in skeletal muscle of Wistar rats?

Camilla Rodrigues de Souza Silva\*, Marcos Paulo Galdino Coutinho, Marcos Vinícius Falcão Amaral, Bruna Soares Teixeira de Araujo, Ana Camila Nobre de Lacerda Brito, Patrícia Verçoza de Castro Silveira, Diogo Arruda Martins de Lima, Magno Felipe Holanda Barboza Inácio Teixeira, Márcio Almeida Bezerra, Sílvia Regina Arruda de Moraes

From 20th Brazilian Diabetes Society Congress  
 Porto Alegre, Brazil. 11-18 November 2015

### Background

Chronic hyperglycemia caused by diabetes mellitus type 1 is associated with damage, dysfunction and failure of several organs and systems, including the musculoskeletal system[1]. In the installed framework of diabetic insulin deficiency, there is an imbalance between the rates of protein synthesis and degradation, causing a condition called diabetic myopathy[2]. However, there are no reports about investigations of biomechanical characteristics of skeletal muscles in diabetic state.

### Objectives

To evaluate the biomechanical properties of the gastrocnemius muscles of rats induced to experimental type 1 diabetes.

### Materials and methods

Male Wistar rats were used and were divided into two groups: a) control group, CG (n=11); b) Diabetic Group, GD (n=19). The GD group was induced to diabetes by intraperitoneal administration of Streptozotocin. After nine weeks, the gastrocnemius-plantar complex of all groups was collected and forwarded to the mechanical tests, which provided the biomechanical parameters. For statistical analysis Kolmogorov-Smirnov normality test was used, with the Student t test for parametric data and Mann-Whitney test for nonparametric,  $p < 0.05$ .

### Results

Biomechanical testing GD group exhibited lower values for the variables: maximum power (GC  $51.5 \pm 9.21$ ,

$26.52 \pm 9.74$  GD;  $p=0.0001$ ), deformation (GC  $17.85 \pm 5.75$ ; GD  $10.2 \pm 3.30$ ;  $p=0.002$ ), specific strain (GC  $41.04 \pm 15.89$ , GD  $26.59 \pm 8.23$ ,  $p=0.019$ ), force/width (CG  $2.06 \pm 0.37$ ,  $1.05 \pm 0.39$  GD;  $p < 0.001$ ) power/area (GC  $45.58 \pm 2.71$ ; GD  $4.9 \pm 2.21$ ;  $p=0.003$ ), cross-sectional area (GC  $67.49 \pm 16.37$ ;  $30.13 \pm 7.48$  GD;  $p=0.0001$ ). There was no difference in voltage values at full strength and elastic modulus. In clinical and metabolic parameters, experimental diabetes reduced body weight (GC  $429.8 \pm 32.65$ g; GD  $238.8 \pm 26.98$ g,  $p < 0.001$ ) and increased blood glucose values when compared to GC group from the first week post induction by the end of the experiment (GC  $103.82 \pm 16.59$ /GD  $471.30 \pm 71.55$ ,  $p < 0.001$ ).

### Conclusion

Most of the evaluated parameters showed a biomechanical disadvantage in the gastrocnemius-plantar complex of animals submitted to Diabetes type 1, making them weaker when subjected to traction.

Published: 11 November 2015

### References

1. Arkkila, et al: 2003.
2. Krause, et al: 2011.

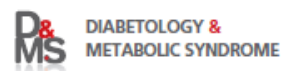
doi:10.1186/1758-5996-7-S1-A7

Cite this article as: de Souza Silva et al: Type 1 diabetes induces biomechanical changes in skeletal muscle of Wistar rats? *Diabetology & Metabolic Syndrome* 2015 7(Suppl 1):A7.

\* Correspondence: [ftcamillarodrigues@gmail.com](mailto:ftcamillarodrigues@gmail.com)

## ANEXO K - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

de Lacerda Brito et al. *Diabetology & Metabolic Syndrome* 2015, **7**(Suppl 1):A8  
<http://www.dmsjournal.com/content/7/S1/A8>



## MEETING ABSTRACT

## Open Access

## Staging of diabetic tendinopathy in the calcaneal tendon of Wistar rats

Ana Camila Nobre de Lacerda Brito\*, Márcio Almeida Bezerra, Cybelle da Silva Nery, Marina Lira Cavalcante, Camilla Rodrigues de Souza Silva, Rodrigo Santos Walter, Marina Cerqueira Rosdaibida Gomes, Laylla Marjorye Rebouças Bezerra, Magno Felipe Holanda Barboza Inácio Teixeira, Sílvia Regina Arruda de Mares

From 20th Brazilian Diabetes Society Congress  
 Porto Alegre, Brazil. 11-18 November 2015

### Background

Diabetes Mellitus (DM) causes biomechanical tendon fragility and it may evolve to degeneration and rupture [1]. Although it has been demonstrated the presence of associations between periarticular and musculoskeletal injuries with diabetes[2,3], it has not yet been elucidated from which moment these changes are installed in tendon structure.

### Objective

To identify the beginning of the biomechanical changes of diabetic tendinopathy, through the study of staging in the calcaneal tendon of Wistar rats.

### Materials and methods

In the 100 days of life, 16 male Wistar rats were induced to DM by intraperitoneal administration of Streptozotocin and divided into four groups according to the number of weeks post induction in which the tendons were collected: Group 1st week post induction (1st WEEK PI), Group 2nd week post induction (2nd WEEK PI), Group 3rd week post induction (3rd WEEK PI) and Group 4th week post induction (4th WEEK PI). After the trial period, the animals were anesthetized and the left calcaneus tendons were removed for the mechanical traction rehearsal. From the rehearsal the following parameters were evaluated: Elastic Modulus (MPa), Maximum Tension (MPa), Specific Strain (%), Maximum Strength (N), Cross-sectional Area (mm<sup>2</sup>). For statistical analysis it had been used the ANOVA and Tukey post hoc.

### Results

In the 16 animals induced, two have not become diabetic (one rat of the 3rd WEEK PI and one of the 4th WEEK PI). Maximum strength and maximum tension did not differ between the groups. The cross-sectional area and the specific strain showed reduction in 3rd WEEK PI (p=0.012; p=0.006, respectively) and in the 4th WEEK PI (p=0.005; 0.008, respectively) compared to the 1st WEEK PI; specific strain decreased also in the 3rd WEEK PI (p=0.002) and 4th WEEK PI (p=0.002) compared to 2nd WEEK PI. On the other hand, the elastic modulus was greater in the 3rd WEEK PI (p=0.047) and 4th WEEK PI (p=0.032) compared to 1st WEEK PI, besides the increase in the 4th WEEK PI (p=0.036) compared to 2nd WEEK PI.

### Conclusion

The study of staging the calcaneal tendon of rats induced to experimental diabetes identified biomechanical and structural changes of calcaneal tendon from the 3rd week post induction, suggesting that from this phase the tendons become more susceptible to degeneration and rupture when subjected to tension.

Published: 11 November 2015

### References

1. Reddy: 2008.
2. De Oliveira, et al: 2012.
3. Oliveira, et al: 2013.

doi:10.1186/1758-5996-7-S1-A8

Cite this article as: de Lacerda Brito et al: Staging of diabetic tendinopathy in the calcaneal tendon of Wistar rats. *Diabetology & Metabolic Syndrome* 2015 **7**(Suppl 1):A8.

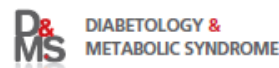
\* Correspondence: [britoanacamil@gmail.com](mailto:britoanacamil@gmail.com)  
 Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brazil



© 2015 de Lacerda Brito et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

## ANEXO L - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

Lós et al. *Diabetology & Metabolic Syndrome* 2015, 7(Suppl 1):A12  
<http://www.dmsjournal.com/content/7/S1/A12>



## MEETING ABSTRACT

## Open Access

## Shield effect of resistance jumping training on biomechanical parameters in gastrocnemius muscles of diabetic animals

Deniele Bezerra Lós\*, Marcos Paulo Galdino Coutinho, Cybelle da Silva Nery, Camilla Rodrigues de Souza Silva, Suzy Kelly Ferreira Silvestre da Silva, Rafael Domelas e Silva, Elvis da Silva, Rodrigues de Freitas, Waydja Lânia Virgínia de Araújo Marinho, Ana Cristina Falcão Esteves

From 20th Brazilian Diabetes Society Congress  
 Porto Alegre, Brazil. 11-18 November 2015

Chronic hyperglycemia resulting from diabetes mellitus undertakes several body cells through the formation of advanced glycation end products and activation of the polyol pathway (Brownlie, 2005), promoting reduction of electrical activity in skeletal muscle and the regenerative capacity of its cells, as well as impaired contractility and increased tissue stiffness. In turn, the amplify muscle work during exercise is able to elicit several essential biochemical reactions for hypertrophy, power gain and enhance muscle function (Andersen et al., 1996, 1997, 2004, 2005).

### Objective

To evaluate the biomechanical changes of muscles affected by diabetic state and the effect of resistance training on the biomechanical parameters.

### Materials and methods

65 male Wistar rats were divided into four groups: Sedentary Control (GCS, n=11), Trained Control (GCT, n=14), Sedentary Diabetic (GDS, n=19) and Trained Diabetic (GDT, n=21). GDS and GDT animals were administered with an intraperitoneal dose of streptozotocin to induce diabetes, which was confirmed by measurement of blood glucose fasting on the 3rd and 7th day post induction. GCT and GDT animals were submitted to an overload jumping exercise program of up to 50% body weight, 5 times a week during 9 weeks. At the end of the exercise period, the animals of all groups

keeping preserved its proximal and distal insertion into the femur and the distal insertion on the calcaneus for the tensile test of these muscles. Statistical analysis was performed by analysis of variance (ANOVA), using a significance level of 5%.

### Results

The mechanical test of the gastrocnemius-plant complex demonstrated in diabetic animals (GDS) lower values in biomechanical parameters: maximum strength (26.5±9.74 vs 51.5±9.21, p <0.05) deformation (10.2 ±3.30 vs 17.85±5.75, p <0.05), energy/area (4.90±2.21 vs 7.57±2.59, p <0.05), stiffness (1.05±0.36 vs 2.05±0.36, p < 0.05) and cross-sectional area (30.13±7.48 vs 67.49±16.37, p < 0.05) compared to GCS, with an increase in maximum strength parameters (37.71±3.63 vs 26.5±9.74, p <0.05) and stiffness (1.5±0.14 vs 1.05±0.36, p < 0.05) compared to the GDT.

### Conclusion

It has been concluded that the resistance jump training has improved the values of maximum strength and stiffness parameters of the gastrocnemius complex plant in diabetic animals.

Published: 11 November 2015

doi:10.1186/1758-5996-7-S1-A12

Cite this article as: Lós et al: Shield effect of resistance jumping training on biomechanical parameters in gastrocnemius muscles of diabetic animals. *Diabetology & Metabolic Syndrome* 2015 7(Suppl 1):A12.

\* Correspondence: denielelos@gmail.com  
 Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brazil



© 2015 Lós et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.



## ANEXO M - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS


 BJPT Brazilian Journal of  
Physical Therapy

## Effectiveness of prophylactic non-invasive ventilation on respiratory function in the postoperative phase of pediatric cardiac surgery: a randomized controlled trial

Camilla R. S. Silva<sup>1</sup>, Livia B. Andrade<sup>1</sup>, Danielle A. S. X. Maux<sup>1</sup>,  
Andreza L. Bezerra<sup>1</sup>, Maria do Carmo M. B. Duarte<sup>1</sup>

**ABSTRACT** | **Objective:** To evaluate the effectiveness of prophylactic, non-invasive ventilation (NIV) on respiratory function in seven- to 16-year-old children in the post-operative phase of cardiac surgery. **Method:** A randomized, controlled trial with 50 children who had undergone cardiac surgery with median sternotomy. After extubation, patients were randomly assigned to one of two groups: control group (n=26), which received instructions regarding posture, early ambulation, and cough stimulation, and CPAP group (continuous positive airway pressure; n=24), which received the same instructions as the control group and CPAP=10 cmH<sub>2</sub>O twice daily for 30 minutes from the 1<sup>st</sup> to the 5<sup>th</sup> post-operative day (POD). As a primary outcome, lung function was evaluated before and on the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, and 5<sup>th</sup> PODs with measures of respiratory rate (RR), tidal volume (TV), slow vital capacity (SVC), inspiratory capacity (IC), minute volume (MV), peak expiratory flow (PEF), and maximal inspiratory pressure (MIP). As secondary outcomes, the time of hospitalization and intensive care were recorded. A mixed, linear regression model and z-test were used to analyze respiratory function, considering  $p < 0.05$ . **Results:** All variables, except RR and MV, showed a significant drop on the 1<sup>st</sup> POD, with gradual recovery; however, only MIP had returned to pre-operative values on the 5<sup>th</sup> POD in both groups. The RR showed a significant increase on the 1<sup>st</sup> POD, with a gradual reduction but without returning to baseline. In the intergroup analysis, significant improvement ( $p = 0.04$ ) was observed only in PEF in the CPAP group on the 1<sup>st</sup> DPO. The length of hospitalization and intensive care showed no significant differences. **Conclusion:** NIV was safe and well accepted in this group of patients, and the protocol used was effective in improving PEF on the 1<sup>st</sup> DPO in the CPAP group.

**Keywords:** cardiac surgical procedures; pediatrics; continuous positive airway pressure; non-invasive ventilation; physical therapy.

Clinical Trials Identifier: RBR-9j4thm. <http://www.ensaiosclinicos.gov.br/rg/RBR-9j4thm/>

### BULLET POINTS

- NIV may be used to prevent or minimize the deterioration of respiratory function in the post-operative period of pediatric cardiac surgery.
- The prophylactic use of NIV in the form of CPAP was effective in improving peak expiratory flow in the post-operative period of pediatric cardiac surgery.
- New protocols and new ways of offering prophylactic, non-invasive ventilation in the post-operative period of pediatric cardiac surgery must be evaluated.

### HOW TO CITE THIS ARTICLE

Silva CRS, Andrade LB, Maux DASX, Bezerra AL, Duarte MCMB. Effectiveness of prophylactic non-invasive ventilation on respiratory function in the postoperative phase of pediatric cardiac surgery: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* <http://dx.doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0191>

## ● Introduction

Pulmonary complications are the most frequent causes of morbidity in patients undergoing cardiac surgery. Complications range from 6% to 76% of cases<sup>1</sup>, depending on the severity of the disease, and are responsible for prolonging the period of

hospitalization with increased hospital costs<sup>2</sup>, as well as being a major cause of mortality<sup>3</sup>.

Measures routinely used to prevent respiratory complications in the post-operative period of pediatric cardiac surgery include early removal of the patient

<sup>1</sup>Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira (IMIP), Recife, PE, Brazil  
Received: Apr. 09, 2015 Revised: Nov. 10, 2015 Accepted: Mar. 07, 2016

## ANEXO N - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

Coordenação do Curso  
de Fisioterapia

**dfisio**


Departamento  
de Fisioterapia



### DECLARAÇÃO

Declaro, para os devidos fins, que **CAMILLA RODRIGUES DE SOUZA SILVA** participou da banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso do(a) acadêmico(a) **ANA CAMILA NOBRE DE LACERDA BRITO** intitulado "ESTADIAMENTO DA TENDINOPATIA DIABÉTICA NO TENDÃO DO CALCÂNEO DE RATOS WISTAR" no curso de Graduação em Fisioterapia em 08 de julho 2015.

Recife, 08 de julho de 2015.

  
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE  
Centro de Ciências da Saúde  
Profª Angélica da Silva Tenório  
Coordenadora do Curso de  
Fisioterapia  
SIAPE: 2377518

## ANEXO O - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

Coordenação do Curso  
de Fisioterapia

**dfisio**


Departamento  
de Fisioterapia



### DECLARAÇÃO

Declaro, para os devidos fins, que os membros **ANA PAULA DE LIMA FERREIRA, KAMILA DINAH SANTOS DE LIRA e CAMILA RODRIGUES DE SOUZA SILVA** participaram da banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso do(a) acadêmico(a) **LAYLLA MARJORYE REBOUÇAS BEZERRA** intitulado "EFEITO DO ULTRASSOM DE 100 mW/cm<sup>2</sup> SOBRE A CICATRIZAÇÃO NA FRATURA DE FÊMUR EM RATOS DIABÉTICOS" no curso de Graduação em Fisioterapia em 04 de dezembro 2017.

Recife, 04 de dezembro 2017.

  
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE  
Centro de Ciências da Saúde  
Prof.<sup>a</sup> Gisela Rocha de Siqueira  
Coordenadora do Curso de Fisioterapia  
SIAPE 1807129

## ANEXO P - ATIVIDADES E CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS

Coordenação do Curso  
de Fisioterapia

**dfISIO**


Departamento  
de Fisioterapia



### DECLARAÇÃO

Declaro, para os devidos fins, que **CAMILLA RODRIGUES DE SOUZA SILVA** coorientou no semestre 2017.2 o Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) do(a) acadêmico(a) **DIOGO ARRUDA MARTINS DE LIMA** intitulado "EFEITO DO TREINAMENTO RESISTIDO SOBRE O EQUILÍBRIO E RISCO DE QUEDAS DE INDIVÍDUOS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2 E NEUROPATIA DIABÉTICA".

Recife, 01 de dezembro 2017.

  
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE  
Centro de Ciências da Saúde  
Prof. Gisela Rocha de Siqueira  
-Coordenadora do Curso de Fisioterapia  
SIAPE 1807129

## ANEXO Q – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO DE REVISÃO INTEGRATIVA

