

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

ROBERTA DE OLIVEIRA E SILVA

**ANÁLISE DO FEEDFORWARD, ELETROMIOGRAFIA E FORÇA MUSCULAR EM
VOLUNTÁRIOS DO GRUPO DE RISCO PARA COVID-19 SUBMETIDOS A UM
PROTOCOLO DE EXERCÍCIOS DOMICILIARES: ENSAIO CLÍNICO
RANDOMIZADO, CONTROLADO, CROSS OVER**

ALFENAS/MG

2024

ROBERTA DE OLIVEIRA E SILVA

**ANÁLISE DO FEEDFORWARD, ELETROMIOGRAFIA E FORÇA MUSCULAR EM
VOLUNTÁRIOS DO GRUPO DE RISCO PARA COVID-19 SUBMETIDOS A UM
PROTOCOLO DE EXERCÍCIOS DOMICILIARES: ENSAIO CLÍNICO
RANDOMIZADO, CONTROLADO, CROSS OVER**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Biociências Aplicadas à Saúde pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Neurociências e Comportamento.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo César Carvalho

ALFENAS/MG

2024

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Silva, Roberta de Oliveira e .

Análise do feedforward, eletromiografia e força muscular em voluntários do grupo de risco para covid-19 submetidos a um protocolo de exercícios domiciliares : ensaio clínico randomizado, controlado, cross over / Roberta de Oliveira e Silva. - Alfenas, MG, 2024.

138 f. : il. -

Orientador(a): Leonardo César Carvalho.

Tese (Doutorado em Biociências Aplicadas à Saúde) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2024.

Bibliografia.

1. Diabetes Mellitus. 2. Exercícios. 3. Neuropatia Diabética. I. Carvalho, Leonardo César, orient. II. Título.

ROBERTA DE OLIVEIRA E SILVA

ANÁLISE DO FEEDFOWARD, ELETROMIOGRAFIA E FORÇA MUSCULAR EM VOLUNTÁRIOS DO GRUPO DE RISCO PARA COVID-19 SUBMETIDOS A UM PROTOCOLO DE EXERCÍCIOS DOMICILIARES: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO, CONTROLADO, CROSS OVER

O(A) Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação da Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciências pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Biociências Aplicada à Saúde

Aprovada em: 27 de setembro de 2024.

Prof. Dr. Leonardo César Carvalho – (UNIFAL-MG)

Presidente da Banca Examinadora

Instituição: Universidade federal de Alfenas

UNIFAL-MG

Prof. Dr. Tulio de Almeida Hermes

Instituição: Universidade federal de Alfenas

UNIFAL-MG

Prof. Dr. Fabricio Borges Oliveira

Instituição: Centro universitário em Araxá,

UNIARAXÁ

Prof. Dr. Maycon Sousa Pegorari

Instituição: Universidade Federal do Triângulo Mineiro

UFTM

Profa. Dra. Denise Holanda Iunes

Instituição: Universidade federal de Alfenas

UNIFAL-MG



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo César Carvalho, Professor do Magistério Superior**, em 07/10/2024, às 09:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1347306** e o código CRC **3F4BC868**.

À Deus, a luz do mundo.

AGRADECIMENTOS

Durante esses anos dedicados ao doutorado, de estudo, esforço, empenho e aprendizado, gostaria de agradecer a minha rede de apoio, porque sem ela, isso não seria possível. Uma tese, apesar de autoria única, se faz por várias mãos. As mãos de Deus que abençoam a jornada e nos dão forças para vencer todos os dias, as mãos dos pais, da família e dos amigos. Ninguém é único, somos a experiência compartilhada, os desafios superados, as alegrias somadas e as tristezas divididas.

À Deus, o criador de tudo que existe, obrigada por me conduzir por um bom caminho e me abençoar todos os dias da minha vida!

Aos meus pais, alicerce, colo, refúgio! Obrigada pela compreensão, pelo suporte e por me ensinarem que sem estudo não há vitória!

Aos meus familiares, Duda, Luna, Cláudia, tios e tias, primos e primas, pelo incentivo, amparo e palavras doces nos momentos difíceis!

Ao meu amor, Marcos, por sempre acreditar no melhor de mim. Pelo apoio e companheirismo, pelo amor e carinho em todos os dias, por ter aprendido tanto para me ajudar, por dividir o fardo e somar as vitórias!

Aos meus filhotes Thor, Loba, Zé e Biruta, vocês são a leveza da vida!

Aos meus ICs e alunos queridos, Dalila, Douglas, Júlio, Simone, Aleandro, Daniel, Brenda e Micarelen, que estiveram ao meu lado na pesquisa, somos uma bela equipe! Obrigada por me escolherem e acreditar em mim!

Aos amigos pela paciência e encorajamento!

Ao meu orientador Dr. Leonardo César Carvalho, exemplo de profissional, obrigada pela dedicação, ensinamentos e paciência.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse sonho!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

GRATIDÃO !!!

“Quem estará nas trincheiras ao seu lado? E isso importa? Mais do que a própria guerra.”

(Ernest Hemingway)

RESUMO

Introdução: O Diabetes Mellitus (DM) é um distúrbio metabólico grave que leva à hiperglicemia crônica, condição patogênica que pode incluir defeitos na secreção e/ou ação da insulina. O DM tipo 2 (DM2) pode induzir a neuropatia e consequente redução da força muscular. Este estudo foi dividido em quatro etapas. Na primeira etapa objetivou-se aplicar o Questionário de Atividades de autocuidado com o Diabetes (QAD) em voluntários portadores de DM2 durante a pandemia do COVID-19; na segunda etapa foi proposto um instrumento para mensurar a força isométrica dos músculos flexores dos pododáctilos individualmente por meio de um dinamômetro isométrico específico de fácil reprodutibilidade e baixo custo; na terceira etapa o objetivo foi comparar os resultados da termografia, oximetria e baropodometria dos pés antes e após um programa de exercícios para a musculatura intrínseca dos pés em voluntários portadores de DM2; e na quarta etapa o objetivo foi avaliar os efeitos de dois protocolos de exercícios domiciliares de fortalecimento para os pés sobre os sintomas neuropáticos e as atividades de autocuidado em DM2, avaliar o tempo de resposta motora por meio do PhysioPlay e avaliar a força do músculo flexor curto dos dedos através da eletromiografia e dinamometria de ambos os pés de voluntários portadores de DM2. Método: 109 voluntários com diagnóstico prévio de DM2 foram randomizados em dois grupos: Controle (GC) e Intervenção (GI). Ambos realizaram dois protocolos de exercícios domiciliares por 30 minutos três vezes na semana para fortalecimento da musculatura intrínseca dos pés, sendo avaliados antes e após cada protocolo. Houve um período de *washout* de dois meses, após esse período as intervenções foram realocadas de modo *cross-over*. Resultados: O QAD apresentou alterações significativas no GI; no instrumento proposto os resultados demonstraram ICC excelente em todos os dedos; houve diferença estatística em alguns parâmetros da termografia principalmente no GI; a oximetria apresentou aumento no terceiro e quarto dedos esquerdo no GC e diminuição no primeiro e quarto dedos direito no GI; na baropodometria, houve aumento da pressão média em ambos os pés nos dois grupos com os olhos abertos, a pressão máxima com os olhos fechados diminuiu no pé direito no GI, os dados estabilométricos apresentaram diferença estatística na maioria dos parâmetros em ambos os grupos; o ESN apresentou sintomas leves com diminuição após exercícios em ambos os grupos; no ECN houve aumento do score no GI; no tempo de resposta motora do GC com os olhos abertos houve diminuição

do tempo na abdução do quadril direito à 10° e aumento à 20°, com os olhos fechados houve diminuição no quadril esquerdo à 10°, no GI houve aumento no quadril direito à 10°; a eletromiografia não apresentou resultados significativos; na dinamometria a força dos músculos flexores dos dedos aumentou no GC no hálux e quarto dedo direito e, no segundo, terceiro e quarto dedos esquerdo e no GI aumentou no segundo, quarto e quinto dedos direito e, segundo, terceiro e quarto dedos esquerdo. Conclusão: Os achados atendem ao objetivo do estudo evidenciando que os exercícios para o fortalecimento da musculatura intrínseca dos pododáctilos foi um fator primordial para a mudança dos parâmetros avaliados. Podemos perceber que pequenas mudanças na rotina de cuidado de voluntários diabéticos são essenciais para a melhora do enfrentamento da doença e prevenção de lesões associadas.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus; Exercícios; Neuropatia Diabética.

ABSTRACT

Introduction: Diabetes Mellitus (DM) is a serious metabolic disorder that leads to chronic hyperglycemia, a pathogenic condition that may include defects in insulin secretion and/or action. Type 2 DM (DM2) can induce neuropathy and a consequent reduction in muscle strength. This study was divided into four stages. In the first stage, the aim was to apply the Diabetes Self-Care Activities Questionnaire (QAD) to volunteers with DM2 during the Covid-19 pandemic; in the second stage, an instrument was proposed to measure the isometric strength of the flexor muscles of the toes individually using a specific isometric dynamometer that is easy to reproduce and has low cost; in the third stage, the objective was to compare the results of thermography, oximetry and baropodometry of the feet before and after an exercise program for the intrinsic muscles of the feet in volunteers with DM2; and in the fourth stage, the objective was to evaluate the effects of two home strengthening exercise protocols for the feet on neuropathic symptoms and self-care activities in DM2, evaluate the motor response time using PhysioPlay and evaluate the strength of the flexor muscle brevis of the fingers through electromyography and dynamometry of both feet of volunteers with DM2. Method: 109 volunteers with a previous diagnosis of DM2 were randomized into two groups: Control (CG) and Intervention (IG). Both performed two home exercise protocols for 30 minutes three times a week to strengthen the intrinsic muscles of the feet, being evaluated before and after each protocol. There was a two-month washout period, after which the interventions were reallocated in a cross-over manner. Results: The QAD showed significant changes in the GI; in the proposed instrument, the results demonstrated excellent ICC in all fingers; there was a statistical difference in some thermography parameters, mainly in the GI; oximetry showed an increase in the left third and fourth fingers in the CG and a decrease in the right first and fourth fingers in the GI; in baropodometry, there was an increase in the mean pressure in both feet in both groups with eyes open, the maximum pressure with eyes closed decreased in the right foot in the GI, the stabilometric data showed a statistical difference in most parameters in both groups; the ESN showed mild symptoms that decreased after exercise in both groups; in the ECN there was an increase in the GI score; in the motor response time of the CG with eyes open there was a decrease in the time for abduction of the right hip at 10° and an increase at 20°, with eyes closed there was a decrease in the left hip at 10°, in the GI there was an increase in the hip

directly at 10°; electromyography did not show significant results; in dynamometry, the strength of the finger flexor muscles increased in the CG in the right hallux and fourth toe and in the left second, third and fourth toes and in the IG it increased in the right second, fourth and fifth toes and in the left second, third and fourth toes. Conclusion: The findings meet the objective of the study, showing that exercises to strengthen the intrinsic muscles of the toes were a key factor in changing the parameters evaluated. We can see that small changes in the care routine of diabetic volunteers are essential for improving coping with the disease and preventing associated injuries.

Keywords: Diabetes Mellitus; Exercises; Diabetic neuropathy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Músculos intrínsecos plantares	23
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2019-n-CoV	Novo Coronavírus
COVID-19	Doença Coronavírus 2019
DM	Diabetes Mellitus
DM2	Diabetes Mellitus tipo 2
UNIFAL-MG	Universidade Federal de Alfenas
FID	Federação Internacional de Diabetes
H1N1	Influenza A
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
SARS-CoV-1	Síndrome Respiratória Aguda Grave
SARS-CoV-2	Síndrome Respiratória Aguda Grave de Coronavírus 2
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	15
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Geral.....	17
1.1.2	Específicos.....	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	DIABETES MELLITUS.....	19
2.2	MUSCULATURA INTRÍNSECA DOS PÉS.....	22
3	PRODUÇÃO CIENTÍFICA.....	25
3.1	ARTIGO 1 - APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE ATIVIDADES DE AUTOCUIDADO COM O DIABETES (QAD) DURANTE A PANDEMIA DO COVID-19.....	25
3.2	ARTIGO 2 - CONFIABILIDADE INTER-AVALIADORES DE UM NOVO INSTRUMENTO PARA MEDIR A FORÇA ISOMÉTRICA DOS MÚSCULOS FLEXORES DOS PÉS.....	42
3.3	ARTIGO 3 - COMPARAÇÃO DA TERMOGRAFIA, OXIMETRIA E BAROPODOMETRIA DE PÉS DIABÉTICOS ANTES E APÓS UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS.....	55
3.4	ARTIGO 4 - ANÁLISE DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS PARA OS PÉS EM VOLUNTÁRIOS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2 SOBRE A PERCEPÇÃO DE NEUROPATIA E AUTOCUIDADO: ESTUDO CLÍNICO RANDOMIZADO CONTROLADO CROSS-OVER.....	81
3.5	ARTIGO 5 - AVALIAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA MOTORA EM VOLUNTÁRIOS DIABÉTICOS APÓS TREINAMENTO DA MUSCULATURA INTRÍNSECA DOS PÉS: ESTUDO CLÍNICO RANDOMIZADO CONTROLADO CROSS-OVER.....	96
3.6	ARTIGO 6 - ANÁLISE DA FORÇA E ATIVIDADE DOS MÚSCULOS PLANTARES EM PESSOAS ACOMETIDAS POR DIABETES TIPO 2 APÓS UM PROGRAMA DE FORTALECIMENTO: ESTUDO CLÍNICO RANDOMIZADO CONTROLADO CROSS-OVER.....	111

4	CONCLUSÃO.....	124
	REFERÊNCIAS	125
	APÊNDICES	130
	ANEXOS	135

1 INTRODUÇÃO GERAL

O novo Coronavírus (2019-nCoV) é um vírus identificado como a causa de um surto de doença respiratória detectado pela primeira vez em Wuhan, China (Mcintosh, 2020). No entanto, sabe-se que o vírus tem alta transmissibilidade e provoca uma síndrome respiratória aguda que varia de casos leves, cerca de 80%, a casos muito graves com insuficiência respiratória, entre 5% e 10% dos casos. Sua letalidade varia, principalmente, conforme a faixa etária e condições clínicas associadas (Ministério da Saúde, 2020).

Em 30 de janeiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o surto do COVID-19 (Doença Coronavírus 2019) uma emergência de saúde pública e, em 11 de março, a epidemia foi atualizada para pandemia (World Health Organization, 2020).

Uma meta-análise chinesa incluindo 1.527 pacientes mostrou que os fatores metabólicos cardiovasculares mais prevalentes com COVID-19 eram hipertensão arterial (17,1%) e doença cardiocerebrovascular (16,4%), seguido de diabetes (9,7%). Neste relatório, pacientes com diabetes ou hipertensão tiveram um aumento de duas vezes no risco de doença grave ou necessidade de tratamento intensivo e internação em UTI (Unidade de Terapia Intensiva), enquanto aqueles com doença cardiocerebrovascular tiveram um aumento de três vezes (Li *et al.*, 2020). Outra meta-análise de 12 estudos descrevendo dados de 2.108 pacientes chineses com COVID-19 relatou uma prevalência de diabetes de 10,3% (Fadini *et al.*, 2020). Um estudo italiano realizado com 146 pacientes com infecção confirmada por SARS-CoV-2 (Síndrome Respiratória Aguda Grave de Coronavírus 2) no Hospital Universitário de Pádua encontrou um padrão equivalente. A prevalência de diabetes nesses pacientes foi de 8,9% (idade média de 65,3 anos), enquanto foi de 11,0% entre as pessoas de 55 a 75 anos (idade média 65 anos) da mesma região em 2018 (Longato *et al.*, 2020).

Na atual pandemia de SARS-CoV-2, alguns estudos não encontraram uma clara associação entre diabetes e doença grave (Zhang *et al.*, 2020; Lippi & Plebani, 2020). No entanto, outros relatórios da China (Guan *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2020) e Itália (Onder *et al.*, 2020) mostraram que pacientes idosos com doenças crônicas, incluindo diabetes, estavam em maior risco de COVID-19 grave e mortalidade.

O Diabetes Mellitus (DM) é um grupo de alterações metabólicas caracterizadas

por hiperglicemia afetando diferentes tipos de células como as endoteliais, renais, neuronais, fibroblastos e queratinócitos. As lesões cutâneas podem ser encontradas em até 33% nas pessoas portadoras de DM e frequentemente ocorrem antes do diagnóstico do diabetes. Devido à microangiopatia causada pela neuropatia diabética, processos de oclusão vascular podem ocorrer nesses pacientes e causar diminuição da perfusão sanguínea das extremidades, levando à isquemia tecidual e podendo se manifestar como lesões purpúricas nas mãos e nos pés, inclusive na planta do pé (Chang, 2019). A forma mais comum de DM é o Diabetes mellitus tipo 2 (DM2), que corresponde a aproximadamente 90% dos casos de DM. O DM2 é predominantemente devido à falha dos tecidos corporais em responder à insulina ou sintetizar insulina suficiente (Yedjou *et al.*, 2023).

Vários estudos indicaram que o DM afeta a qualidade de vida, causando grandes fatores de risco para complicações adversas, como acidente vascular cerebral, neuropatia diabética, amputação de membros inferiores, insuficiência renal e cegueira, levando a morbidade significativa e mortalidade prematura (Yedjou *et al.*, 2023).

Alterações no pé são comuns em pessoas com diabetes (Cook *et al.*, 1997). Inicialmente, a espessura da pele diminui e a rigidez aumenta, tendões sofrem espessamento, ossos tornam-se menos densos e articulações reduzem a mobilidade, e principalmente, ocorre a atrofia da musculatura (Wrobel *et al.*, 2010). Lesões no pé comumente estão associadas a três condições: doença vascular periférica, neuropatia de tecidos moles e artropatia neuropática ou artropatia de Charcot. Prevê-se que, pelo menos, 60% da população de pessoas com DM tem pelo menos um tipo de neuropatia (Cook *et al.*, 1997). Associada a esta doença está a perda progressiva da sensibilidade vibratória, térmica, tátil e proprioceptiva (Sartor *et al.*, 2012).

Os pés são o principal alvo da maioria das complicações sensitivas e motoras em que os indivíduos com DM são expostos (Van Deursen *et al.*, 2004). A limitação de mobilidade das articulações do pé e tornozelo é prevalente em pacientes com diabetes, bem como pressão plantares alteradas durante a marcha, desequilíbrio entre a musculatura flexora e extensora, e instabilidade postural (Lunes *et al.*, 2014).

Os movimentos mais afetados são a flexão, inversão e eversão de tornozelo e os movimentos da primeira articulação metatarsofalangeana. Esses movimentos, quando limitados, diminuem a habilidade do complexo do pé de absorver o choque e as rotações transversais durante a marcha, contribuindo para a patogênese da

ulceração plantar no pé insensível. Ocorre o aparecimento de deformidades como dedos em martelo e em garra, deslocamento de coxins gordurosos sob as cabeças dos metatarsos, aumentando as pressões plantares nessas regiões, predispondo a ulcerações, infecções e necrose (Sacco *et al.*, 2007).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

O objetivo do estudo foi analisar o *feedforward*, eletromiografia e força muscular em voluntários que compõe o grupo de risco para COVID-19 submetidos a um plano domiciliar de exercícios físicos.

1.1.2 Específicos

Avaliar o tempo de resposta motora (*feedforward*) e a propriocepção por meio do *Physioplay*; Analisar a força da musculatura intrínseca dos pés por meio de dinamometria isométrica; analisar a atividade eletromiográfica de superfície dos músculos intrínsecos do pé; avaliar o equilíbrio estático.

1.2 JUSTIFICATIVA

As pandemias virais anteriores testemunharam a associação de DM com aumento da morbimortalidade. DM foi considerado como fator de risco independente para complicações e morte durante o surto de 2002 e 2003 da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS-CoV-1) (Yang *et al.*, 2006). Da mesma forma, a presença de DM triplicou o risco de hospitalização e quadruplicou o risco da necessidade de UTI durante o surto de infecção por influenza A (H1N1) em 2009 (Allard *et al.*, 2010).

As alterações da musculatura intrínseca do pé de pessoas com diagnóstico de DM é um problema prevalente. Caracteriza-se por limitação de mobilidade das articulações do pé e tornozelo e alteração na pressão plantar durante a marcha, desequilíbrio entre a musculatura flexora e extensora, e instabilidade postural (lunes *et al.*, 2014). Além disso, ocorre acentuada fraqueza da musculatura intrínseca do pé,

a qual representa um fator de risco para o desenvolvimento de úlceras plantares (Bus *et al.*, 2002). Tais alterações podem contribuir para mudança no equilíbrio postural e reduzir o tempo de resposta motora a um determinado estímulo. A utilização de exercícios, mesmo que de modo virtual, poderiam contribuir e diminuir a perda progressiva da sensibilidade vibratória, térmica, tátil e proprioceptiva (Sartor *et al.*, 2012).

2 REVISÃO LITERATURA

2.1 DIABETES MELLITUS

O DM é um distúrbio metabólico grave que leva à hiperglicemia crônica, uma condição patogênica que pode incluir defeitos na secreção e/ou ação da insulina (GBD 2021 Diabetes Collaborators, 2023; Yedjou *et al.*, 2023).

Está entre as 10 primeiras causas de morte em todo o mundo e representa um fardo significativo para os sistemas de saúde, especialmente em países de baixa renda (Letta, Goshu & Sertsu, 2023).

A forma mais comum de DM é o DM2, responsável por aproximadamente 90% dos casos (Asmat *et al.*, 2022). Este é predominantemente devido à falha dos tecidos corporais em responder à insulina ou sintetizar insulina suficiente (Yedjou *et al.*, 2023).

O DM2 é uma condição crônica de saúde que atingiu taxas alarmantes em todo o mundo (Tinajero & Malik, 2021), sendo considerado um dos principais problemas de saúde do século XXI (Rossboth, Lechleitner & Oberaiger, 2020) devido à sua crescente prevalência e ao risco de aumento da morbidade e mortalidade (Asmat *et al.*, 2022). Complicações micro e macrovasculares resultantes da hiperglicemia no DM2 afetam a capacidade funcional, a qualidade de vida e a procura por serviços de saúde, com um significativo impacto econômico no sistema de saúde e nas economias nacionais (Khan *et al.*, 2020; Williams *et al.*, 2020).

O número de pacientes com DM tem aumentado de forma constante durante as últimas três décadas, e este aumento provavelmente continuará ao longo das próximas décadas: de cerca de 463 milhões de pacientes com idade entre 18 e 99 anos afetados em 2019 a uma estimativa de 700 milhões de pessoas na mesma faixa etária afetadas em 2045 em todo o mundo. O DM é responsável por aproximadamente 4,2 milhões de mortes anualmente e causa um enorme encargo financeiro para os sistemas de saúde: em 2019, os custos globais de cuidados de saúde para a diabetes totalizaram 760 bilhões de dólares para pacientes na faixa etária entre 18 e 99 anos (International Diabetes Federation, 2019). Em 2021, a Federação Internacional de Diabetes (FID) estimou que um em cada 10 adultos com idade entre 20 e 79 anos têm DM, equivalente a 537 milhões de pessoas em todo o mundo (International Diabetes Federation, 2021).

O aumento do DM2 é impulsionado por fatores socioeconômicos, demográficos, ambientais e genéticos (Hills *et al.*, 2018; Kyrou *et al.*, 2020). Idade, estilo de vida sedentário, síndrome metabólica, inflamação e resistência à insulina são riscos bem conhecidos. Também está relacionado com obesidade, e há uma forte conexão imuno-metabólica entre as duas doenças (Eldakhakhny *et al.*, 2021). A progressão do DM2 por ser um conjunto de complicações tardias e graves, pode ser evitada adotando um estilo de vida saudável através da melhoria dos comportamentos de autocuidado com medicação conforme necessidade (American Diabetes Association, 2018). Portanto, o DM2 é também conhecido como uma condição autogerida porque a maioria dos cuidados é prestado pelos próprios pacientes (Powers *et al.*, 2020). O autogerenciamento requer total comprometimento e capacidade para realizar atividades de autocuidado, incluindo hábitos alimentares saudáveis, atividade física, monitoramento da glicose sanguínea e ingestão regular de medicamentos (Rutten, 2018). Estudos demonstraram que intervenções comportamentais voltadas para atividades de autocuidado melhoraram significativamente o controle glicêmico, reduziu as complicações associadas ao diabetes e contribuiu para melhorar a qualidade de vida (Mehravar *et al.*, 2016). Uma meta-análise publicada em 2003 demonstrou a eficácia de intervenções comportamentais para melhorar os resultados do autocuidado e o desempenho geral do estado de saúde em pacientes com DM2 (Gary *et al.*, 2003). Portanto, um comportamento centrado no paciente ou abordagem social teria um impacto duradouro em relação ao manejo eficaz da doença (Asmat *et al.*, 2022).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) identificou o DM como uma das três doenças alvo do Plano de Ação Global da OMS para a Prevenção e Controle da reabilitação e incapacidade das doenças não-transmissíveis (do inglês *NCDs - Noncommunicable Diseases, Rehabilitation and Disability*) e o Pacto Global para a Diabetes da OMS foi estabelecido em 2021 para melhorar o acesso aos cuidados de saúde e trabalhar em estreita colaboração com as pessoas que vivem com diabetes (GBD 2021 Diabetes Collaborators, 2023).

A ONU (Organização das Nações Unidas) usa o tratamento para diabetes como um indicador dos sistemas de saúde dos países quando avalia os objetivos da cobertura universal de saúde e estabeleceu uma meta de redução das taxas de morte prematura devido ao DM e outras doenças não transmissíveis por um terço até 2030 (GBD 2021 Diabetes Collaborators, 2023).

Pacientes portadores de DM enfrentam um alto risco de desenvolver condições de saúde adversas graves que encurtam a expectativa e qualidade de vida, e aumentam os custos com cuidados médicos (Forbes & Cooper, 2013; International Diabetes Federation, 2019). O DM também é um importante fator de risco para doença cardíaca isquêmica e acidente vascular cerebral (Powers *et al.*, 2020), que foram estimados pelo Estudo Global sobre a Carga das Doenças, Lesões e Fatores de Risco (do inglês, *The Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study - GBD*) em 2019 como a primeira e a segunda principais causas, respectivamente, da carga global de doenças (GBD 2019 Diseases And Injuries Collaborators, 2020).

As ulcerações do pé representam as complicações mais caras e cruciais associadas à DM numa escala global. A implementação de medidas preventivas para reduzir o risco de complicações no pé diabético foi considerada uma estratégia custo-efetiva (Cerrahoglu *et al.*, 2016). As práticas de autocuidado desempenham um papel fundamental na eficácia e gerenciamento de DM2 e suas complicações associadas (Letta, Goshu & Sertsu, 2023). De acordo com o Grupo de Trabalho Internacional sobre o Pé Diabético (do inglês, *International Working Group on the Diabetic Foot IWGDF*), a incorporação de cuidados diários com os pés na rotina é uma abordagem eficaz para prevenir complicações nos pés relacionadas ao DM2 (Schaper, Netten & Apelqvist, 2020).

Pessoas com DM apresentam frequentemente alterações anatômicas distintas nos seus pés devido a neuropatias autonômicas e motoras, desgaste intrínseco dos músculos, proeminência metatársica aumentada, movimento articular e tendinoso diminuído e deformidades no antepé. Estas anomalias patológicas podem resultar numa mobilidade articular restrita e num padrão de marcha atípico. A neuropatia, causada pelo enfraquecimento inerente dos músculos e pela tensão do tendão de Aquiles, pode ser melhorada com exercícios de fortalecimento (Francis *et al.*, 2024).

Goldsmith, Lidtke e Shott (2002) avaliaram a eficácia de um programa de treinamento domiciliar para articulações dos pés em pacientes com DM, que incluiu exercícios ativos e exercícios passivos de amplitude de movimento. Após um mês do início do programa, os participantes que receberam o tratamento apresentaram diminuição na rigidez articular. Um estudo prospectivo de oito anos em pacientes com DM2 e neuropatia mostraram que o tempo que passavam sedentário foi o forte preditor do desenvolvimento de úlceras no pé diabético, mesmo após ajustes metabólicos (Sigal, Kenny & Boule, 2007). Normalmente, os pacientes que passaram mais de 12

horas por dia sendo sedentários desenvolveram úlcera no pé, enquanto aqueles que eram sedentários por menos de nove horas não desenvolveram úlcera no pé. Ser menos móvel pode contribuir para a elevada taxa de mortalidade observada na ulceração do pé diabético (Church, Blair & Cocheham, 2010).

2.2 MUSCULATURA INTRÍNSECA DOS PÉS

O pé é composto de articulações complexas fornecendo suporte ao corpo humano enquanto gera as forças necessárias para a realização de atividades dinâmicas. Durante a caminhada, os pés suportam o peso do corpo e se ajustam continuamente para auxiliar na dissipação de força atuando como uma alavanca propulsora (Jaffri *et al.*, 2023).

O esqueleto do pé é apoiado por estabilizadores locais e globais. Os músculos intrínsecos do pé, foram comparados aos músculos abdominais e paravertebrais do núcleo lombopélvico do quadril (McKeon *et al.*, 2015). Ambos os grupos musculares são responsáveis por manter a postura e proporcionar estabilidade ao corpo durante a marcha (Jastifer, 2023), pois são os principais estabilizadores do arco longitudinal medial e são essenciais para os subsistemas passivo, ativo e neural que formam a musculatura central do pé (McKeon *et al.*, 2015).

As funções dos músculos intrínsecos dos pés são diversas: fornecem suporte muscular às estruturas que formam a base de apoio durante a estabilidade postural (Lynn, Padilla & Tsang, 2012; McKeon *et al.*, 2015), ajudam a dissipar forças durante o carregamento e geram as forças propulsivas necessárias para locomoção (McKeon *et al.*, 2015; Zelic *et al.*, 2015; Jastifer, 2023). Isso se opõe aos músculos extrínsecos do pé, que funcionam principalmente para gerar força nos movimentos cinemáticos (McKeon *et al.*, 2015; Jastifer, 2023), pois, os músculos intrínsecos estão completamente contidos no pé, originando-se e inserindo-se em ossos, tendões ou ligamentos. (Jastifer, 2023) diferentemente dos músculos extrínsecos que se originam na perna e se inserem no pé (Zaottini *et al.*, 2023).

Os músculos intrínsecos plantares (Fig. 1) são geralmente organizados em quatro camadas. A camada mais superficial, que é profunda à fáscia plantar inclui o abductor do quinto dedo (1), o flexor curto dos dedos (2) e o abductor do hálux (3). A segunda camada inclui o quadrado plantar (4), os lumbricais (5) e o flexor curto do quinto dedo (6). A terceira camada inclui o adutor do hálux oblíquo (7) e transverso

(9), e o flexor curto do hálux (8). A quarta camada inclui os interósseos plantares (10). Os músculos dorsais incluem o extensor curto do hálux mais superficial e extensor curto dos dedos, enquanto a camada profunda inclui os músculos interósseos dorsais(11) (Jastifer, 2023).

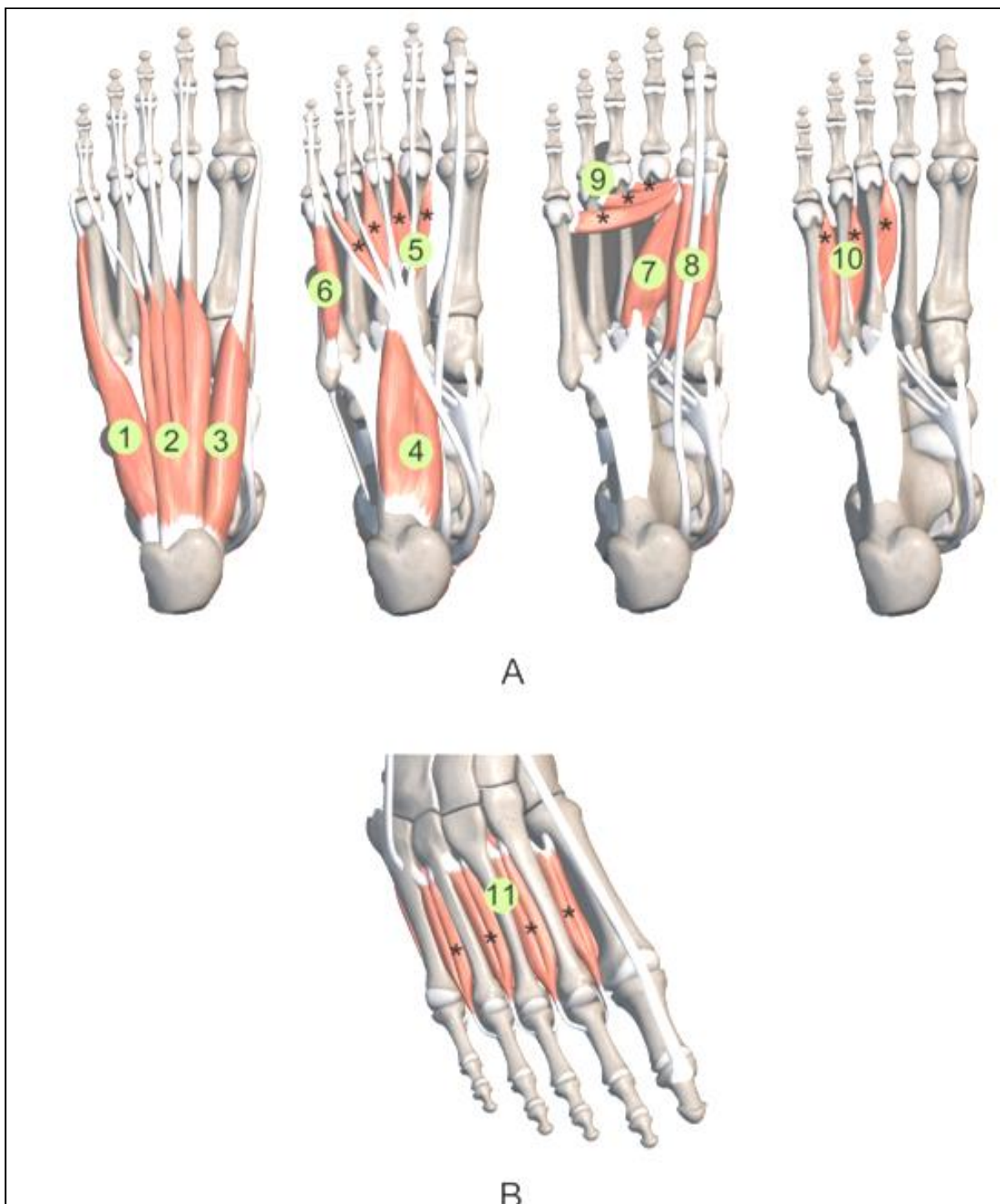


Figura 1. Músculos intrínsecos plantares (Jastifer, 2023).

A fraqueza dos músculos intrínsecos dos pés está associada ao

desenvolvimento de doenças degenerativas e de uso excessivo como pé plano, hálux valgo, aumento da queda do navicular, osteoartrite e fascite plantar (Wearing *et al.*, 2006), às condições cirúrgicas como artrodese da primeira articulação metatarsofalângica (Jaffri, Hertel & Saliba, 2019) e condições sistêmicas, como DM (Bus *et al.*, 2002; Andersen *et al.*, 2004). Outrossim é frequentemente associada a problemas de equilíbrio e anormalidades biomecânicas que eventualmente resultam em limitação de atividade e negativamente afetam a função do paciente (McKeon *et al.*, 2015; McKeon & Fourchet, 2015; Jaffri, Hertel & Saliba, 2019).

Jastifer (2023) afirma em seu trabalho sobre a anatomia, função e reabilitação da musculatura intrínseca dos pés que, a neuropatia diabética está associada à atrofia muscular intrínseca.

Jaffri *et al.* (2023) relata em sua revisão sistemática e meta análise que a incorporação de exercícios para os músculos intrínsecos dos pés nos protocolos de reabilitação de lesões das extremidades inferiores melhoraram os resultados funcionais, como equilíbrio, força, atividade sensorial e desempenho motor e as medidas subjetivas de dor e incapacidade em grupos clínicos.

3 PRODUÇÃO CIENTÍFICA

3.1 ARTIGO 1

APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE ATIVIDADES DE AUTOCUIDADO COM O DIABETES (QAD) DURANTE A PANDEMIA DO COVID-19

(Silva RO, Gonçalves BC, Silva IC, Carvalho, LC. Aplicação do Questionário de Atividades de Autocuidado com o Diabetes (QAD) durante a pandemia do covid-19. *Res, Soc Dev.* 2022; 11(15). DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37004>)

RESUMO

O Diabetes Mellitus (DM) pode ser entendido como um grupo de doenças metabólicas, caracterizado pelo aumento nos níveis de glicose sanguínea, devido a um distúrbio na secreção ou na ação da insulina. Segundo alguns estudos a DM é um fator prevalente para COVID-19 (Doença Coronavírus 2019). O Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) é um dos problemas de saúde mais desafiadores do século 21. Frente a este cenário o objetivo deste trabalho é aplicar o Questionário de Atividades de autocuidado com o Diabetes (QAD) em voluntários portadores de DM2 durante a pandemia do COVID-19. O estudo foi realizado no município de Poço Fundo/MG e os voluntários foram convidados nas unidades do Programa Saúde da Família (PSF) do Sistema Único de Saúde (SUS). O QAD possui 15 itens de avaliação do autocuidado com o DM, distribuídos em sete dimensões: “alimentação geral”, “alimentação específica”, “atividade física”, “monitorização da glicemia”, “cuidado com os pés” e “uso da medicação”. Incluem também outros três itens para a avaliação do tabagismo. Foi realizada a correlação de Spearman e análise descritiva para a interpretação dos dados. Concluímos que o QAD é um instrumento confiável para mensurar a aderência ao autocuidado em voluntários diabéticos tipo 2. Através deste questionário podemos observar que os voluntários conheceram alguns cuidados importantes e acreditamos que a partir daí possam torná-los parte da sua rotina.

Palavras-chave: Qualidade de vida; Diabetes mellitus; Inquéritos e questionários.

ABSTRACT

Diabetes Mellitus (DM) can be understood as a group of metabolic diseases, characterized by increased blood glucose levels due to a disturbance in the secretion or action of insulin. According to some studies DM is a prevalent factor for COVID-19 (Coronavirus Disease 2019). Type 2 Diabetes Mellitus (DM2) is one of the most challenging health problems of the 21st century. Faced with this scenario the aim of this work is to apply the Diabetes Self-Care Activity Questionnaire (DCAQ) in volunteers with DM2 during the COVID-19 pandemic. The study was conducted in the municipality of Poço Fundo/MG and the volunteers were invited in the Family Health Program (PSF) units of the Unified Health System (SUS). The DQ has 15 items for assessment of self-care with DM, distributed in seven dimensions: "general diet", "specific diet", "physical activity", "blood glucose monitoring", "foot care", and "medication use". They also include three other items for the evaluation of smoking. Spearman's correlation and descriptive analysis were performed for data interpretation. We conclude that the DQF is a reliable instrument to measure self-care adherence in type 2 diabetic volunteers. Through this questionnaire we can observe that the volunteers knew some important cares and we believe that from then on they can make them part of their routine.

Keywords: Quality of life; Healthy volunteers; Surveys and questionnaires.

1 INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) pode ser entendido como um grupo de doenças metabólicas, caracterizado pelo aumento nos níveis de glicose sanguínea, devido a um distúrbio na secreção ou na ação da insulina (Ferreira & Campos, 2014). São definidos vários tipos de DM, no entanto, os mais comuns são o tipo 1, anteriormente conhecido como insulino dependente, e o tipo 2, antigamente chamado de não insulino dependente (World Health Organization, 1999). O diabetes tipo 2 (DM2) é caracterizado por uma deficiência parcial e relativa de insulina associada à resistência insulínica nos tecidos-alvos, respondendo por aproximadamente 90 a 95% dos casos (World Health Organization, 1999). No Brasil, segundo estimativas, já são mais de 12 milhões de pessoas afetadas, sendo a maior incidência em indivíduos obesos com

idade acima dos 40 anos (Ferreira & Campos, 2014). O DM2 é um dos problemas de saúde mais desafiadores do século 21. Sua prevalência está aumentando em todo o mundo de cerca de 30 milhões em 1985 para 150 milhões em 2000, 171 milhões em 2007, e esperados 366 milhões em 2030 (Wild et al., 2004).

DM2 é uma doença poligênica caracterizada por múltiplos defeitos na ação da insulina nos tecidos (músculo, tecido adiposo e fígado) e defeitos na insulina pancreática (DeFronzo, et al., 1992). Complicações do diabetes, como doença cardiovascular, doença vascular periférica, acidente vascular cerebral, neuropatia diabética, amputações, insuficiência renal e a cegueira resultam no aumento da deficiência, redução da expectativa de vida e enormes custos de saúde para praticamente toda a sociedade (International Diabetes Federation, 2022).

A intervenção individual, por meio de consultas de enfermagem semestrais, a pessoas com DM2, favorece o esclarecimento de dúvidas, a aquisição de conhecimentos sobre a doença e a diminuição do seu impacto sobre a qualidade de vida da pessoa. E ao adicionarem-se ações de educação para a saúde em grupo a essas consultas, além de favorecer a aquisição de conhecimento, observa-se também a ocorrência de maior adesão a práticas de autocuidado (Imazu et al., 2015).

O novo Coronavírus (2019-nCoV) é um vírus identificado como a causa de um surto de doença respiratória detectado pela primeira vez em Wuhan, China (Mcintosh, 2020). No entanto, sabe-se que o vírus tem alta transmissibilidade e provoca uma síndrome respiratória aguda que varia de casos leves, cerca de 80%, a casos muito graves com insuficiência respiratória, entre 5% e 10% dos casos. Sua letalidade varia, principalmente, conforme a faixa etária e condições clínicas associadas (Ministério da Saúde, 2020).

Inicialmente, o COVID-19 (Doença Coronavírus 2019) foi identificado apenas como um problema respiratório, mas com o aumento do número de casos ficou evidente que o vírus afeta uma variedade de sistemas, havendo relatos de complicações cardíacas, renais, hematológicas e neurológicas nos estados mais avançados, podendo inclusive levar à falência múltipla dos órgãos. Sabe-se também que pacientes que apresentam comorbidades prévias, são mais susceptíveis ao desenvolvimento de formas mais graves da doença, principalmente diabéticos e portadores de doenças cardiovasculares (Chatterjee, 2020; Vetta, et al., 2020).

Uma meta-análise chinesa incluindo 1527 pacientes mostrou que os fatores metabólicos cardiovasculares mais prevalentes com COVID-19 eram hipertensão

(17,1%) e doença cardiocerebrovascular (16,4%), seguido de diabetes (9,7%). Neste relatório, pacientes com diabetes ou hipertensão tiveram um aumento de duas vezes no risco de doença grave ou necessidade de tratamento intensivo e internação em UTI (Unidade de Terapia Intensiva), enquanto aqueles com doença cardiocerebrovascular tiveram um aumento de três vezes (Li et al., 2020). Outra meta-análise de 12 estudos descrevendo dados de 2.108 pacientes chineses com COVID-19 relatou uma prevalência de diabetes de 10,3% (Fadini et al., 2020). Um estudo italiano realizado com 146 pacientes com infecção confirmada por SARS-CoV-2 (Síndrome Respiratória Aguda Grave de Coronavírus 2) no Hospital Universitário de Pádua encontrou um padrão equivalente. A prevalência de diabetes nesses pacientes foi de 8,9% (idade média de 65,3 anos), enquanto foi de 11,0% entre as pessoas de 55 a 75 anos (idade média 65 anos) da mesma região em 2018 (Longato et al., 2020).

Na atual pandemia de SARS-CoV-2, alguns estudos não encontraram uma clara associação entre diabetes e doença grave (Zhang et al., 2020; Lippi & Plebani, 2020). No entanto, outros relatórios da China (Guan et al., 2020; Wu & Mcgoogan, 2020) e Itália (Onder; et al., 2020) mostraram que pacientes idosos com doenças crônicas, incluindo diabetes, estavam em maior risco de COVID-19 grave e morte.

Em 30 de janeiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o surto do COVID-19 uma emergência de saúde pública e, em 11 de março, a epidemia foi atualizado para pandemia (World Health Organization, 2020).

As pandemias virais anteriores testemunharam a associação de diabetes com aumento da morbimortalidade. Diabetes foi considerado como fator de risco independente para complicações e morte durante o surto de 2002 e 2003 da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS-CoV-1) (Yang et al., 2006). Da mesma forma, a presença de diabetes triplicou o risco de hospitalização e quadruplicou o risco da necessidade de UTI durante o surto de infecção por influenza A (H1N1) em 2009 (Allard et al., 2010).

O cuidado é fundamental no controle da doença e a pessoa com DM é a principal responsável por desempenhar, diariamente, atividades relacionadas ao tratamento (Anderson & Funnell, 2010). A experiência de vários países com o monitoramento a distância de usuários com doenças crônicas, em especial o DM2, no contexto da atenção primária à saúde, já aponta melhora das práticas do autocuidado e controle metabólico da doença (Kim & Oh, 2003; Piette et al., 2001; Lange et al., 2010; Young et al., 2005), além da redução de barreiras no atendimento de qualidade para alcançar

a educação em saúde em DM (Lange et al., 2010). O Questionário de Atividades de Autocuidado com o Diabetes (QAD) possui 15 itens de avaliação do autocuidado com o DM (Coelho et al., 2015).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi aplicar o Questionário de Atividades de autocuidado com o Diabetes (QAD) em voluntários portadores de DM2 durante a pandemia do covid-19.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram: investigar a importância do autocuidado em voluntários diabéticos; estimular o autocuidado em voluntários diabéticos e instigar a responsabilidade sobre o autocuidado em voluntários diabéticos.

2 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo transversal, quantitativo (Dalforo, 2008), com a aplicação do Questionário de Atividades de Autocuidado com o Diabetes (QAD) em voluntários portadores de DM2 durante a pandemia do COVID-19. A amostra foi selecionada por conveniência. Foram entrevistados 123 voluntários recrutados por meio de convite em unidades de Programa Saúde da Família (PSF) do Sistema Único de Saúde (SUS) do município de Poço Fundo/MG. Os critérios de inclusão foram voluntários portadores de DM2, entre 20 e 89 anos de idade, de ambos os sexos, em tratamento dietoterápico ou com antidiabéticos orais e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Os critérios de exclusão foram indivíduos com DM2 com risco muito elevado, ou seja, aqueles com úlceras e/ou amputações prévias, diagnóstico clínico de hemiplegia, paraplegia, ou doença de Parkinson; amputação do membro; uma história de álcool ou drogas; uma hérnia de disco; lepra; artrite grave que impede a

marcha; demência; deficiência intelectual; e outros transtornos psiquiátricos (lunes et al., 2014).

O questionário traduzido e adaptado para o Brasil por Michels e colaboradores (2010) foi denominado “Questionário de Atividades de Autocuidado com o Diabetes” (QAD). O QAD possui seis dimensões e 15 itens de avaliação do autocuidado com o diabetes: “alimentação geral” (dois itens), “alimentação específica” (três itens), “atividade física” (dois itens), “monitorização da glicemia” (dois itens), “cuidado com os pés” (três itens) e “uso da medicação” (três itens, utilizados de acordo com o esquema medicamentoso). Além disso, possui outros três itens para a avaliação do tabagismo. Quando avaliados com o questionário, os voluntários relatam com que frequência eles realizaram as atividades ou os comportamentos nos sete dias anteriores (Michels et al., 2010).

O QAD avalia a realização de um determinado comportamento em dias por semana, portanto, os escores de cada item podem variar de 0 a 7, e maiores escores indicam melhores resultados (Gomides et al., 2013). Nos itens da dimensão “alimentação específica”, os valores foram invertidos (se 7=0, 6=1, 5=2, 4=3, 3=4, 2=5, 1=6, 0=7 e vice-versa), dados sobre o tabagismo foram classificados em fumante e não fumante e, para a análise desta variável, consideraram-se a proporção de fumantes e a média de cigarros consumidos por dia (Michels et al., 2010).

2.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi feita através do programa estatístico SPSS versão 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). A análise descritiva foi apresentada em média e desvio padrão (DP). Os dados não apresentaram distribuição normal e nem igualdade de variância, o que permitiu a utilização de teste não paramétrico. Foi utilizado o teste de correlação de Spearman para a equiparação dos domínios do questionário QAD, onde foi considerada correlação (r) muito fraca (0,0 a 0,19), fraca (0,2 a 0,39), moderada (0,4 a 0,69), forte (0,7 a 0,89) e muito forte (maior que 0,9) (Baba; Vaz & Costa, 2014). O nível de significância para o teste foi de 5%.

3 RESULTADOS

As características demográficas estão apresentadas na tabela 1. Dos 123 voluntários entrevistados, 86 (69,91%) eram do sexo feminino. A média de idade, IMC e RCQ foram maiores para o sexo masculino. Todos os voluntários foram capazes de responder o questionário de forma completa e não houve desistência durante a participação.

Tabela 1 – Características demográficas.

	Feminino	Masculino
N (%)	86 (69,91%)	37 (30,08%)
Idade média (DP)	63,10 (13,14)	65,54 (14,66)
IMC média (DP)	28,33 (8,01)	29,47 (17,66)
RCQ média (DP)	0,92 (0,09)	0,94 (0,20)

Estatística descritiva (SPSS 20.0). IMC = índice de massa corporal; RCQ = relação cintura quadril; DP = desvio padrão.

A tabela 2 apresenta a média e o desvio padrão de cada item do questionário QAD.

Tabela 2 – Média e desvio padrão de dias por semana em que os voluntários realizaram as atividades relacionadas com cada item do QAD.

Item	Média	DP
1.1 “Em quanto dos últimos sete dias seguiu uma dieta saudável?”	5,032	2,422
1.2 “Durante o último mês, quantos dias por semana, em média, seguiu a orientação alimentar, dada por um profissional de saúde (médico, enfermeiro, nutricionista)?”	3,390	3,245
2.1 “Em quantos dos últimos sete dias comeu cinco ou mais porções de frutas e/ou vegetais?”	4,829	2,697
2.2 “Em quantos dos últimos sete dias comeu alimentos ricos em gordura, como carnes vermelhas ou alimentos com leite integral ou derivados?”	3,951	2,874
2.3 “Em quantos dos últimos sete dias comeu doces?”	1,813	2,215
3.1 “Em quantos dos últimos sete dias realizou atividade física durante pelo menos 30 minutos (minutos totais de atividade contínua, inclusive andar)?”	2,040	2,776
3.2 “Em quantos dos últimos sete dias praticou algum tipo de exercício físico específico (nadar, caminhar, andar de bicicleta), sem incluir suas atividades em casa ou em seu trabalho?”	1,967	2,775
4.1 “Em quantos dos últimos sete dias avaliou o açúcar no sangue?”	1,227	1,885
4.2 “Em quantos dos últimos sete dias avaliou o açúcar no sangue o número de vezes recomendado pelo médico ou enfermeiro?”	1,195	1,910
5.1 “Em quantos dos últimos sete dias examinou os seus pés?”	4,252	3,158
5.2 “Em quantos dos últimos sete dias examinou dentro dos sapatos antes de calçá-los?”	4,666	3,151
5.3 “Em quantos dos últimos sete dias secou os espaços	5,658	2,697

entre os dedos dos pés depois de lavá-los?”		
6.1 “Em quantos dos últimos sete dias tomou seus medicamentos do diabetes, conforme foi recomendado? OU (se insulina e comprimidos):”	6,422	1,899
6.2 “Em quantos dos últimos sete dias tomou suas injeções de insulina, conforme foi recomendado?”	0,699	2,064
6.3 “Em quantos dos últimos sete dias tomou o número indicado de comprimidos do diabetes?”	6,284	2,082

Estatística descritiva (SPSS 20.0). DP= Desvio padrão.

A tabela 3 apresenta a correlação de Spearman entre os domínios do QAD. Nota-se prevalência de correlações (r) fracas. O item 1.1 apresenta correlação moderada com os itens 1.2 e 2.1, todos relacionados à alimentação. Observa-se correlação forte entre os itens 4.1 e 4.2 (monitorização da glicemia) e entre os itens 6.1 e 6.3 (medicação). A correlação muito forte foi observada entre os itens 3.1 e 3.2 relacionados à atividade física.

Tabela 3 – Correlação entre os itens do questionário QAD.

	.1	.2	.1	.2	.3	.1	.2	.1	.2	.1	.2	.3	.1	.2	.3
.1 r		569	527	076	,174	103	097	284	237	113	,068	,091	002	,107	,021
p		000	000	404	054	258	286	001	008	213	454	315	983	238	821
.2 r	569		253	077	,076	108	121	283	300	134	,024	125	017	010	,008
p	000		005	397	405	232	182	002	001	140	790	169	852	910	930
.1 r	597	253		056	,052	115	092	250	277	183	036	,007	057	026	067
p	000	005		540	564	207	313	005	002	043	689	936	532	778	459
.2 r	076	077	056		165	013	036	042	,002	093	,048	098	017	069	018
p	404	397	540		068	884	693	648	982	308	599	280	853	449	844
.3 r	,174	,076	,052	165		053	010	083	106	,020	,140	,060	,125	157	,198
p	054	405	564	068		562	912	362	241	826	122	580	168	083	028
.1 r	103	108	115	013	053		956	160	205	147	034	,006	033	,038	054
p	258	232	207	884	562		000	076	023	104	712	945	718	676	549
.2 r	097	121	092	036	010	956		169	170	139	064	046	024	,025	044
p	286	182	313	693	912	000		062	060	125	480	612	790	784	631
.1 r	284	283	250	042	083	160	169		866	162	069	176	096	332	056
p	001	002	005	648	362	076	062		000	074	450	051	293	000	538
.2 r	237	300	277	,002	106	205	170	866		197	089	096	082	198	116
p	008	001	002	982	241	023	060	000		029	327	289	368	028	203
.1 r	113	134	183	093	,020	147	139	162	197		399	395	138	,085	102
p	213	140	043	308	826	104	125	074	029		000	000	127	350	264

.2 r	,068	,024	036	,048	,140	034	064	069	089	399		243	030	,026	025
p	454	790	689	599	122	712	480	450	327	000		007	746	776	781
.3 r	,091	125	,007	098	,060	,006	046	176	096	395	243		037	066	000
p	315	169	936	280	508	945	612	051	289	000	007		685	468	997
.1 r	002	017	057	017	,125	033	024	096	082	138	030	037		,244	886
p	983	852	532	853	168	718	790	293	368	127	746	685		007	000
.2 r	,107	010	026	069	157	,038	,025	332	198	,085	,026	066	,244		,276
p	238	910	778	449	083	676	784	000	028	350	776	468	007		002
.3 r	021	,008	067	018	,198	054	044	056	116	102	025	000	886	,276	
p	821	930	459	844	028	549	631	538	203	264	781	997	000	002	

Correlação de Spearman(r). $r = < 0,19$ muito fraca; $r 0,2$ a $0,39$ fraca; $r 0,4$ a $0,69$ moderada; $r 0,7$ a $0,89$ forte; $r > 0,9$ muito forte. $p < 0,05$. 1.1=" Em quanto dos últimos sete dias seguiu uma dieta saudável?"; 1.2="Durante o último mês, quantos dias por semana, em média, seguiu a orientação alimentar, dada por um profissional de saúde (médico, enfermeiro, nutricionista)?" 2.1=Em quantos dos últimos sete dias comeu cinco ou mais porções de frutas e/ou vegetais? 2.2=Em quantos dos últimos sete dias comeu alimentos ricos em gordura, como carnes vermelhas ou alimentos com leite integral ou derivados? 2.3=Em quantos dos últimos sete dias comeu doces? 3.1=Em quantos dos últimos sete dias realizou atividade física durante pelo menos 30 minutos (minutos totais de atividade contínua, inclusive andar)? 3.2=Em quantos dos últimos sete dias praticou algum tipo de exercício físico específico (nadar, caminhar, andar de bicicleta), sem incluir suas atividades em casa ou em seu trabalho? 4.1=Em quantos dos últimos sete dias avaliou o açúcar no sangue? 4.2=Em quantos dos últimos sete dias avaliou o açúcar no sangue o número de vezes recomendado pelo médico ou enfermeiro? 5.1=Em quantos dos últimos sete dias examinou os seus pés? 5.2=Em quantos dos últimos sete dias examinou dentro dos sapatos antes de calçá-los? 5.3=Em quantos dos últimos sete dias secou os espaços entre os dedos dos pés depois de lavá-los? 6.1=Em quantos dos últimos sete dias tomou seus medicamentos do diabetes, conforme foi recomendado? OU (se insulina e comprimidos): 6.2=Em quantos dos últimos sete dias tomou suas injeções de insulina, conforme foi recomendado? 6.3=Em quantos dos últimos sete dias tomou o número indicado de comprimidos do diabetes?

4 DISCUSSÃO

Para o tratamento do DM, além do uso da medicação, são necessárias diversas atividades de autocuidado como o seguimento de um plano alimentar, a monitorização da glicemia e a realização de atividades físicas (MICHELS, 2010). A aderência ao tratamento no DM é um fator essencial para controle da glicemia e redução da incidência das complicações (KOHNER, 2008). Ações educativas, desenvolvidas por profissionais de saúde junto aos indivíduos, às famílias e comunidade, são fundamentais para o controle dessa enfermidade, pois as complicações decorrentes do diabetes estão diretamente relacionadas ao conhecimento sobre a doença, considerando-se que este subsidia a realização do autocuidado diário e adoção de um estilo de vida mais saudável (IMAZU, 2015).

No presente estudo, os resultados demonstram que a maioria dos usuários é do sexo feminino, possui mais de 60 anos, corroborando com achados de outros estudos

realizados em usuários com DM2 (FUNNELL et al., 2008; OLIVEIRA; SOUZA; ZANETTI, 2011). Acredita-se que essas características sejam reflexos das mudanças da população brasileira em sua estrutura populacional e em seu padrão de morbimortalidade no século XX, momento em que se deve considerar a relação entre envelhecimento e o aumento da carga de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), com destaque para o DM2, prevalente entre as mulheres e pessoas de maior idade (SCHMIDT et al., 2011; TORRES; PACE; STRADIOTO, 2010; OLIVEIRA; SOUZA; ZANETTI, 2011).

Sobre a alimentação geral, os nossos resultados refletem que, os voluntários entrevistados seguem uma dieta saudável, cinco vezes por semana em média (1.1), mas quando respondem sobre se essa dieta foi orientada por um profissional de saúde (2.1) a média das respostas é de três vezes por semana. Esses itens tiveram uma correlação positiva moderada.

Nos itens sobre a alimentação específica (2.1, 2.2 e 2.3) nota-se uma prevalência para a alimentação composta de frutas e verduras (item 2.1) em mais dias por semana (média 4,8 dias por semana), já nos alimentos ricos em gorduras (2.2), a média é menor (3,9 dias por semana), e diminui consideravelmente quando perguntado sobre a ingestão de doces (2.3), com média de 1,9 dias por semana. Esses dados refletem como a educação alimentar e a consciência sobre os perigos da doença estão mais claros no voluntário diabético. A população estudada foi convidada em unidades de PSF's da cidade de Poço Fundo/MG, onde existe atendimento com nutricionista disponível no SUS. Acreditamos que a prática educativa se apresente como a melhor maneira de conscientizar o usuário sobre a importância do autocuidado em DM2. A literatura tem mostrado que o comportamento relacionado aos hábitos alimentares é um dos desafios para o cuidado à saúde, principalmente pelos aspectos culturais, econômicos, emocionais, ambientais que os envolvem (BAQUEDANO et al., 2010).

Referente aos dados clínicos, a média do índice de massa corporal (IMC) feminino foi de 28,33 Kg/m² e masculino de 29,47 Kg/m². O índice de massa corpórea (IMC) foi determinado através da divisão do valor do peso (em kg) pela estatura ao quadrado. O IMC é utilizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para classificação do estado nutricional de adultos e idosos (BARBOSA; BÜNDCHEN; RICHTER, 2005). A OMS considerada normal o IMC até 25 Kg/m² e sobrepeso acima de 25 Kg/m² (MONTEIRO et al., 2010). Dos 123 voluntários analisados, 82 (66,6%) eram participantes obesos. Estudos prospectivos mostram que a gordura localizada

no abdômen é fator de risco para doenças cardiovasculares, diabetes mellitus e alguns tipos de cânceres, como o de mama, de ovário e de endométrio (FOLSON et al., 1990). Para avaliar a distribuição de gordura corpórea, estudos epidemiológicos utilizam, desde a década de 70, a relação cintura-quadril (RCQ), obtida pela divisão dos perímetros da cintura (cm) e do quadril (cm). Dentre os pontos de cortes estabelecidos para discriminar valores adequados dos inadequados de RCQ, o mais utilizado tem sido 0,8 para o sexo feminino e 1,0 para o masculino (NUNES e SICHIERIB, 2002). No nosso estudo, a população feminina apresentou RCQ de 0,92 e masculino de 0,94. A distribuição de gordura corporal tem forte determinação genética, mas fatores como sexo, idade, e outros comportamentais, como tabagismo e atividade física, podem ser determinantes. A menopausa tem sido também associada a maior acúmulo de gordura no abdômen, assim como a escolaridade (NUNES e SICHIERIB, 2002).

Nos itens relacionados à atividade física (3.1 e 3.2), a média de dias por semana em que os voluntários que realizavam atividade física durante pelo menos 30 minutos (3.1) foi de 2,04 dias por semana e, a média de voluntários que realizavam algum tipo de exercício específico, excluindo atividade de casa ou trabalho (3.2) foi de 1,96 dias. Esses achados apresentaram correlação positiva muito forte (0,956) e estatisticamente significativa. Podemos perceber que o voluntário diabético realiza atividade física pelo menos uma vez por semana e esse dado reflete consciência dos benefícios do exercício para a sua saúde. Nos PSF's do município de Poço Fundo é oferecido um programa de atividades físicas na praça sob orientação de um profissional de educação física duas vezes por semana. Nesta atividade é verificada a pressão arterial antes a atividade.

As atividades de autocuidado referente à monitorização da glicemia (4.1 "Em quantos dos últimos sete dias avaliou o açúcar no sangue?" e 4.2 "Em quantos dos últimos sete dias avaliou o açúcar no sangue o número de vezes recomendado pelo médico ou enfermeiro?") obtiveram média de 1,22 e 1,19 dias por semana respectivamente. Esses dados corroboram com a realidade das unidades de saúde da família do município onde é disponibilizada uma vez por semana a medição da glicemia. Esses achados apresentaram correlação positiva forte (0,866) e estatisticamente significativa. A literatura tem apontado algumas dificuldades para a realização da monitorização da glicêmica domiciliar, tais como fatores psicológicos, econômicos e sociais (COELHO et al., 2015). Estudo de revisão integrativa da

literatura sobre a automonitorização da glicemia capilar no domicílio destaca que os principais motivos para a não realização dessa atividade, conforme o recomendado foram: dificuldades financeiras, medo de agulhas/lancetas e da dor, e inabilidade para manusear o glicosímetro, mesmo com a obtenção de instruções adequadas (TEIXEIRA et al., 2009).

Entre os cuidados com os pés, destacam-se o exame diário dos mesmos, a inspeção dos calçados antes de calçá-los e a higienização dos pés com secagem cuidadosa, especialmente nos espaços interdigitais (OCHOA-VIGO e PACE, 2005). Na dimensão “cuidados com os pés” (5.1, 5.2 e 5.3) os resultados mostraram que o voluntário examina os pés (5.1) em média, 4,25 dias por semana; examina os calçados antes de usá-los (5.2) em média 4,66 dias por semana e, seca os espaços entre os dedos após lavá-los (5.3) em média 5,65 dias por semana. Em nosso estudo, 66 voluntários entrevistados (53,65%) afirmaram examinar os pés diariamente.

Em ensaio clínico controlado, realizado entre adultos brasileiros com DM2, 56,4% dos participantes referiram examinar os pés diariamente (OCHOA-VIGO e PACE, 2009). Em estudo descritivo, 38,5% dos participantes referiram examinar os pés todos os dias, no entanto, 69,2% disseram não saber a importância de tal cuidado (CARDOSO; MORAES e PEREIRA, 2011).

Sobre o domínio medicação (6.1, 6.2 e 6.3) onde é avaliado se o voluntário ingere seus medicamentos conforme recomendado, se faz uso de insulina conforme recomendado e se toma o número indicado de comprimidos, em nosso estudo foi observado correlação positiva forte ($r = 0,886$) e estatisticamente significativa entre os domínios 6.1 e 6.3. A média de medicamentos ingeridos conforme recomendado (6.1) foi de 6,42 dias por semana e a média de ingestão do número indicados de comprimidos foi de 6,28 dias por semana. Já o item 6.2 que avalia o uso de insulina conforme recomendado teve média de 0,69 dias por semana, o que justifica, pois, este estudo foi realizado com voluntários diabéticos tipo 2. Meiners e colaboradores (2017) em seu estudo sobre o acesso e adesão a medicamentos entre pessoas com diabetes no Brasil, encontrou acesso elevado a medicamentos hiperglicemiantes (excesso insulina e seus análogos), sendo que a grande maioria das pessoas obtinha os medicamentos gratuitamente, via SUS. Esse dado vai ao encontro com nosso estudo onde os voluntários são assistidos pelos SUS com a gratuidade do medicamento facilitando a adesão ao tratamento. Ressalta-se que a maioria dos estudos, referentes à terapêutica medicamentosa do DM, avalia essa dimensão do tratamento como um

comportamento de adesão/não adesão, com o uso de diferentes métodos de mensuração e, portanto, os resultados são expressos de diversas maneiras, tais como taxas (em porcentagem) ou categorias (aderentes/não aderentes), entre outros, o que pode dificultar a comparação entre os estudos. Além disso, entre aqueles que avaliam o uso da medicação por meio de taxas, nem sempre as apresentam de forma distinta entre insulina e antidiabéticos orais, o que também contribui para a dificuldade de análises comparativas entre um e outro comportamento (COELHO et al., 2015).

Silva e colaboradores (2020) relataram em seu trabalho que possíveis limitações do estudo estão relacionadas à forma de obtenção dos dados, pois os entrevistados podem ter sido influenciados pela avaliação proposta da adesão ao tratamento e lidarem de forma ressabiada ao questionário sem revelar, verdadeiramente, seu comportamento em relação ao seguimento das recomendações terapêuticas. Em nosso estudo também observamos essa limitação.

Em estudos anteriores de longa duração realizados entre indivíduos com DM2, com a finalidade de avaliar o programa educativo por meio das variáveis de conhecimentos e atitudes sobre DM e autocuidado e sua interferência no controle metabólico da doença, identificou-se que a educação é fundamental para o autogerenciamento dos cuidados e auxilia na redução de complicações crônicas (TORRES, HORTALE e SHALL, 2003). Nesse sentido, também observou-se que a educação voltada para a prevenção e o controle em diabetes apresenta um desafio quer para os indivíduos, quer para profissionais de saúde, visando alcançar melhorias no autocuidado da doença e na promoção da saúde por tratar-se de uma doença que afeta diferentes faixas etárias, independente do nível de instrução e condições sociais de vida (TORRES; PACE; STRADIOTO, 2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O questionário de autocuidado em diabetes (QAD) é um instrumento eficiente pra medir e conscientizar o voluntário diabético sobre o autocuidado. Durante a entrevista os voluntários apresentaram dificuldades no entendimento de alguns itens do questionário, sendo necessário a reelaboração da pergunta, sem modificar seu propósito, tornando-os mais claros, observação também descrita por Michels e colaboradores (2020). No período pandêmico o autocuidado foi importante principalmente nos períodos de lockdown onde houve restrição de assistência à

saúde, passando ao voluntário a responsabilidade e o protagonismo de seus cuidados. O QAD é um instrumento confiável para mensurar a aderência ao autocuidado em voluntários diabéticos tipo 2 inclusive durante a pandemia COVID-19. Através deste questionário podemos observar que os voluntários conheceram alguns cuidados importantes e acreditamos que a partir daí possam torná-los parte da sua rotina.

Estudos futuros são necessários com uma amostra maior para avaliar o autocuidado em voluntários diabéticos. Sugerimos a aplicabilidade deste questionário antes e após exercícios físicos, programas alimentares e atividades que envolvam a consciência do cuidado com a patologia.

REFERÊNCIAS

Allard, R. et al. (2010). Diabetes and the severity of pandemic influenza A (H1N1) infection. *Diabetes Care*, 33(7), 1491-1493.

Anderson, R. M.; Funnell, M. M. (2010). Patient empowerment: myths and misconceptions. *Patient Educ Couns*, 79(3), 277-82.

Baba, R. K.; Vaz, M. S. M. G.; Costa, J. (2014). Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(4), 515-526.

Baquedano, I.R. et al. (2010). Fatores relacionados ao autocuidado de pessoas com diabetes mellitus atendidas em serviço de urgência no México. *Rev Esc Enferm USP*, 44(4), 1017-23.

Barbosa, L.C.; Bündchen, D.C.; Richter, C.M. (2005). Benefício da resistência muscular localizada como otimização da atividade física programada. *Arq Bras Cardiol*, 85(4), S174.

Cardoso, M.I.; Moraes, M.A.M.; Pereira, J.G. (2011). Práticas de autocuidado desenvolvidas por diabéticos tipo 2 em uma unidade de saúde da família. *Gestão Saúde*, 2(1), 277-90.

Chatterjee S. (2020). Important Steps to Control COVID-19/SARS-CoV-2 Infection. *SN Compr Clin Med*, 2, 381-382.

Coelho, A. C. M. et al. (2015). Atividades de autocuidado e suas relações com controle metabólico e clínico das pessoas com diabetes mellitus. *Texto Contexto Enferm*, 24(3), 697-705.

DeFronzo, R. A.; Bonadonna, R. C.; Ferrannini, E. (1992). Pathogenesis of NIDDM. A balanced overview. *Diabetes Care*, 15, 318–368.

- Dalfovo, M. S.; Lana, R. A. & Silveira, A. (2008). Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau*, 2(4), 01-13.
- Fadini, G.P. et al. (2020). Prevalence and impact of diabetes among people infected with SARS-CoV-2. *J Endocrinol Invest*, 43, 867-869.
- Ferreira, V. A.; Campos, S. M. B. (2014). Advances in pharmacological treatment of type 2 diabetes. *Braz J Surg Clin Res*, 8(3), 72-78.
- Folson, A.R. et al. (1990). Increased incidence of carcinoma of the breast associated with abdominal adiposity in postmenopausal women. *Am J Epidemiol*, 131, 794-803.
- Funnell, M.M. et al. (2008). National standards for diabetes self-management education. *Diabetes Care*, 31(1), S97-S104.
- Gomides, D. S. et al. (2013). Autocuidado das pessoas com diabetes mellitus que possuem complicações em membros inferiores. *Acta Paul Enferm*, 26(3), 289-93.
- Guan et al. (2020). Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *N Engl J Med*, 382(18), 1708-1720.
- Imazu, M. F. M. et al. (2015). Efetividade das intervenções individual e em grupo junto a pessoas com diabetes tipo 2. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, 23(2), 200-207.
- International Diabetes Federation. (2022). IDF Diabetes Atlas. *International Diabetes Federation*. www.diabetesatlas.org.
- lunes, D. H. et al. (2014). Self-care associated with home exercises in patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *PLoS ONE*, 9(12), 1-13.
- Kim, H.; Oh, J. (2003). Adherence to diabetes control recommendations: impact of nurse telephone calls. *Journal of Advanced Nursing*, 44(3), 256 -261.
- Kohner, E.M. (2008). Microvascular disease: what does the UKPDS tell us about diabetic retinopathy? *Diabet Med*, 5(2), 20-24.
- Lange, I. et al. (2010). Efecto de un modelo de apoyo telefónico en el auto-manejo y control metabólico de la Diabetes tipo 2, en un Centro de Atención Primaria. *Rev. Méd. Chile*, 138(6), 729-737.
- Li, B. et al. (2020). Prevalence and impact of cardiovascular metabolic diseases on COVID-19 in China. *Clin Res Cardiol*, 109, 531-538.
- Lippi, G.; Plebani, M. (2020). Laboratory abnormalities in patients with COVID-2019 infection. *Clin Chem Lab Med*, 58(7), 1131-1134.
- Longato, E. et al. (2020). Diabetes diagnosis from administrative claims and estimation of the true prevalence of diabetes among 4.2 million individuals of the Veneto region (North East Italy). *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 30, 84-91.

Meiners, M.M.M.A. et al. (2017). Access and adherence to medication among people with diabetes in Brazil: evidences from PNAUM. *Rev Bras Epidemiol*, 20(3): 445-459.

Michels, M. J. et al. (2010). Questionário de Atividades de Autocuidado com o Diabetes: tradução, adaptação e avaliação das propriedades psicométricas. *Arq Bras Endocrinol Metab*, 54(7), 644-651.

Mcintosh, k. Novel Coronavirus (2019-nCov). UpToDate Jan 2020. Disponível em: <<https://www.uptodate.com/contents/coronavirus-disease-2019-covid-19>> Acesso em: 16 jun.2020.

Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Especializada à Saúde (SAES). Departamento de Atenção Hospitalar, Domiciliar e de Urgência (DAHU). Protocolo de manejo clínico para o novo coronavírus (2019-nCoV). Brasília, 2020. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2020/fevereiro/11/protocolo-manejo-coronavirus.pdf>> Acesso em: 16 jun.2020.

Monteiro, L. Z. et al. (2010). Redução da pressão arterial, da IMC e da glicose após treinamento aeróbico em idosas com diabetes tipo 2. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 95(5), 563-570.

Nunes, P. A. M.; Sichierib, R. (2002). Relação cintura-quadril e fatores de dieta em adultos. *Rev Saúde Pública*, 36(2), 198-204.

Ochoa-Vigo, K.; Pace, A.E. (2005). Pé diabético: estratégias para prevenção. *Acta Paul. Enferm*, 18(1), 100-109.

Ochoa-Vigo, K.; Pace, A.E. (2009). Prevenção de complicações nos pés de pessoas com diabetes mellitus: Proposta de cuidado. *Rev Médica Herediana*, 20(2),77- 88.

Oliveira, K.C.S.; Zanetti, M.L. (2011). Conhecimento e atitude de usuários com diabetes mellitus em um serviço de atenção básica à saúde. *Rev Esc Enferm USP*, 45(4), 862-8.

Onder, G.; Rezza, G.; Brusaferro, S. (2020). Case-fatality rate and characteristics of patients dying in relation to COVID-19 in Italy. *JAMA*, 323(18), 1775-1776.

Piette, J.D. et al. (2001). Impact of automated calls with nurse follow-up on diabetes treatment outcomes in a department of veterans affairs health care system: a randomized controlled trial. *Diabetes Care*, 24(2), 202-208.

Schmidt, M.I. et al. (2011). Chronic noncommunicable diseases in Brazil: burden and current challenges. *Lancet*, 377(9781), 1949-1961.

Silva, N. J. et al. (2020). Avaliação do autocuidado em pacientes com Diabetes Mellitus em um município do leste maranhense. *Brazilian Journal os Surgery and Clinical Research*, 31(2), 22-27.

Teixeira, C.R.S. et al. (2009). Automonitorização da glicemia capilar no domicílio: revisão integrativa da literatura. *Rev Eletr Enferm*, 11(4):1006-1017.

Torres, H.C; Pace, A.E; Stradioto, M.A. (2010). Análise sócio demográfica e clínica de indivíduos com diabetes tipo 2 e sua relação com o autocuidado. *Cogitare Enfermagem*, 15(1), 48-54.

Torres, H.C.; Hortale, V.A.; Shall, V. (2003). A experiência de jogos em grupos operativos na educação em saúde para diabéticos. *Cad Saúde Pública*, 19(4),1039-1047.

Vetta, F.; Vetta, G.; Marinaccio, L. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) and cardiovascular disease: a vicious circle. *J Cardiol Cardiovasc Res*, 1, 1–12.

Wild, S. et al. (2004). Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*, 27, 1047–1053.

World Health Organization. (1999). Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its complications: report of a WHO Consultation. Part 1, Diagnosis and classification of Diabetes mellitus. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66040>.

World Health Organization. (2020). Rolling updates on coronavirus disease (COVID-19). https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019?gclid=EAlalQobChMIr9Ks562J6glVTwmRCh1RbwgjEAAYASAAEgK_V_D_BwE.

Wu, Z.; Mcgoogan, J. M. (2020). Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72 314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA*, 323(13), 1239-1242.

Yang, J.K. et al. (2006). Plasma glucose levels and diabetes are independent predictors for mortality and morbidity in patients with SARS. *Diabet Med*, 23(6), 623-628.

Young, R.J. et al. (2005). Pro-Active Call Center Treatment Support (PACCTS) to Improve Glucose Control in Type 2 Diabetes: A randomized controlled trial. *Diabetes Care*, 28, 278–282.

Zhang, J.J. et al. (2020). Clinical characteristics of 140 patients infected with SARSCoV- 2 in Wuhan, China. *Allergy*, 00, 1-12.

3.2 ARTIGO 2

CONFIABILIDADE INTER-AVALIADORES DE UM NOVO INSTRUMENTO PARA MEDIR A FORÇA ISOMÉTRICA DOS MÚSCULOS FLEXORES DOS PÉS

INTER-RATER RELIABILITY OF A NEW INSTRUMENT FOR MEASURING ISOMETRIC STRENGTH OF TOE FLEXOR MUSCLE

(Silva RO, Santos MM, Freire LAM, Carvalho LC. Inter-rater reliability of a new instrument for measuring isometric strength of toe flexor muscle. *Acta Fisiatr.* 2024;31(1):15-19. DOI: 10.11606/issn.23170190.v31i1a216209)

ABSTRACT

Background: The assessment of toe flexor muscle strength is an important factor in the analysis of the muscles that contribute to sustaining the longitudinal plantar arch. Intrinsic muscles have several functions such as providing support and stabilization to the arches of the foot, shock absorption, and rigidity for the transmission of forces and postural stability. This study aimed to evaluate the reliability of a device to measure the isometric strength of the toe flexor muscles individually. **Methods:** Methodological study with a quantitative approach to assess the reliability of the instrument for evaluating the maximum voluntary isometric strength of the flexor muscles of the toes individually. 20 feet of healthy volunteers were evaluated in two moments: initial evaluation performed by evaluator 1 and evaluation after one week performed by evaluator 2, to test the interclass reliability through the statistical test of Intraclass Correlation Coefficient (ICC). **Results:** The results showed excellent ICC in all toes with values ranging between 0.805 and 0.921. Toe 4 had the lowest standard error of measurement (SME) and minimal detectable change (MMD), demonstrating lower collection error and greater sensitivity. **Significance:** The proposed instrument is reliable for measuring the intrinsic flexor muscle strength of the foot, being an alternative for evaluating it in different populations, as it presents good reliability and reproducibility at an affordable cost, and can be used in future clinical studies and clinical practice.

Keywords: Foot. Muscle strength. Muscles. Isometry.

RESUMO

Contexto: A avaliação da força muscular flexora dos pododáctilos é um importante fator de análise dos músculos que contribuem para a sustentação do arco plantar longitudinal. Os músculos intrínsecos apresentam várias funções como fornecer suporte e estabilização aos arcos do pé, absorção de impacto e rigidez para a transmissão de forças e estabilidade postural. Este estudo teve por objetivo avaliar a confiabilidade de um dispositivo para mensurar a força isométrica dos músculos flexores dos pododáctilos individualmente. Questão da pesquisa: Seria possível avaliar a força isométrica voluntária máxima dos músculos flexores dos pododáctilos de forma individual? Métodos: Estudo metodológico com abordagem quantitativa para avaliar a confiabilidade do instrumento de avaliação da força isométrica voluntária máxima dos músculos flexores dos pododáctilos individualmente. 20 pés de voluntários saudáveis foram avaliados em dois momentos: avaliação inicial realizada pelo avaliador 1 e avaliação após uma semana realizada pelo avaliador 2, para testar a confiabilidade interclasse por meio do teste estatístico Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC). Resultados: Os resultados demonstraram ICC excelente em todos os dedos com valores variando entre 0,805 e 0,921. O dedo 4 apresentou menor erro padrão de medida (EPM) e mínima mudança detectável (MMD) demonstrando menor erro de coleta e maior sensibilidade. Considerações finais: O instrumento proposto é confiável para mensuração da força muscular flexora intrínseca do pé, sendo uma alternativa para avaliação da mesma em diferentes populações, pois apresenta boa confiabilidade e reprodutibilidade de custo acessível, podendo ser utilizado em estudos clínicos futuros e na prática clínica.

Palavras-chave: Pé. Força Muscular. Músculos. Isometria.

Introdução

O pé e seus 22 músculos intrínsecos são uma estrutura complexa que apresenta uma relação funcional entre ossos, ligamentos, tendões transversais, circuitos de

feedback neuromuscular e músculos que trabalham juntos para permitir o movimento funcional.¹ Mckeon et al.² compararam os músculos intrínsecos do pé com os músculos abdominais e paraespinhais do núcleo lombopélvico do quadril, devido a este conjunto de músculos serem responsáveis por manter a postura e proporcionar estabilidade ao corpo durante a marcha. A cada passo, as quatro camadas de músculos intrínsecos do pé agem para controlar o grau e a velocidade da deformação do arco. Quando eles não estão funcionando adequadamente, a base se torna instável e desalinhada e ocorre um movimento anormal do pé.

Os músculos intrínsecos apresentam várias funções como fornecer suporte ao manter e estabilizar os arcos do pé² desempenhando importante papel na flexibilidade do pé para a absorção de impacto e sua rigidez para a transmissão de forças³ além da estabilidade postural.⁴ Também fornecem estabilidade e input sensorial nos quais os movimentos primários (músculos extrínsecos dos pés) dependem para produzir movimento bruto. A entrada somatosensorial fornecida pelos músculos intrínsecos do pé auxilia no planejamento motor, bem como adaptações da postura dos pés no equilíbrio e na caminhada.⁵

Estudos recentes apontam que a diminuição do tamanho e a força da musculatura intrínseca do pé podem reduzir a capacidade de uma pessoa manter o equilíbrio durante a postura unipodal e o desempenho físico.⁴

A fraqueza ou atrofia da musculatura intrínseca do pé tem sido associada a várias condições patológicas incluindo deformidade dos dedos em garra e em martelo, pé cavo, Charcot-Marie-Tooth, fascíte plantar, hálux valgo, pé plano e neuropatia periférica diabética.^{1,6,7}

No entanto, para estabelecer uma relação entre fraqueza muscular e patologia do pé, é necessária uma medida objetiva de força muscular.⁷

A importância dos testes de força muscular se concentra em detectar possíveis desequilíbrios musculares. Estes, quando em equilíbrio, contêm as estruturas articulares e provêm as condições de alavanca para que ocorra o movimento e a função.⁸

A avaliação da força dos músculos intrínsecos tem sido alvo de discussão para identificar métodos mais confiáveis, visto a dificuldade na avaliação. Latey et al.⁹ relataram que a força muscular dos pés depende de músculos intrínsecos e extrínsecos devido a sua arquitetura sendo difícil a medição da força intrínseca de forma isolada. De fato, as medidas de força da musculatura flexora do pé não

diferenciam inteiramente entre a força gerada pelos músculos intrínsecos e extrínsecos porque muitos desses músculos intrínsecos e extrínsecos seguem linhas de ação muscular similares e possuem inserções adjacentes, particularmente no antepé. Uma revisão sistemática conduzida por Soysa et al.⁸ com objetivo de avaliar diferentes métodos usados para medir a força intrínseca dos músculos do pé, concluiu que não existe um “padrão-ouro” na avaliação da qualidade dessa musculatura e categorizou os métodos como 'diretos' ou 'indiretos'. Segundo os autores, o método direto realmente mede a força da musculatura flexora do pé como a dinamometria dos dedos do pé, teste de aderência do papel, pressão plantar e o teste intrínseco positivo. Os métodos indiretos são avaliações incapazes de medir a força diretamente, mas fornecem informações em relação à estrutura muscular intrínseca (área e volume da secção fisiológica), atividade e propriedades histoquímicas. São eles: ressonância magnética (RM), tomografia computadorizada (TC), ultrassonografia (US), eletromiografia (EMG) e biópsia muscular.

Devido a importância da musculatura flexora dos pododáctilos em garantir a estabilidade e equilíbrio ao corpo e a dificuldade em avaliar esta musculatura com um método adequado, este estudo teve o seguinte objetivo: propor um instrumento para mensurar a força isométrica dos músculos flexores dos pododáctilos individualmente por meio de um dinamômetro isométrico específico de fácil reprodutibilidade e baixo custo, onde foi possível combinar o método direto e indireto e avaliar sua confiabilidade inter avaliador.

Metodologia

Planejamento do estudo

Estudo metodológico com abordagem quantitativa realizado no Laboratório de Biomecânica e Análise do Movimento Humano da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL/MG). Aprovado junto ao Comitê de Ética e Pesquisa (CAAE: 37265820.0.0000.5142).

Participantes

O estudo teve uma amostra de conveniência, ou seja, não probabilística, composta por 20 pés de indivíduos saudáveis (idade média 28,29 anos) no período de fevereiro de 2022 a junho de 2022, recrutados por meio de convite na UNIFAL/MG. Foram incluídos voluntários fisicamente ativos, com idade entre 22 a 45 anos e ambos os sexos. Os voluntários que aceitaram participar assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes do procedimento. Foram excluídos aqueles que apresentaram relato de dor em alguma articulação do membro inferior, cirurgias no último ano, amputações ou lesões nos últimos seis meses, gravidez, concussão nos últimos três meses ou doença contagiosa de pele.

Instrumentos and procedimentos

O grupo único (n: 20) foi avaliado em dois momentos com diferença de uma semana entre as avaliações para que o efeito de uma intervenção não se sobrepusesse à outra. Todas as avaliações ocorreram no mesmo local e no mesmo período do dia. Foram avaliados os músculos flexores dos dedos dos pés individualmente por meio de um sistema de tração, onde o voluntário realizava o movimento de flexão com cada dedo, este, enlaçado com uma corda. A coleta de dados foi realizada por dois avaliadores fisioterapeutas treinados para essa tarefa e não houve comunicação entre eles durante as avaliações. O avaliador 1 realizou a avaliação inicial e após um intervalo de uma semana esses mesmos participantes foram avaliados novamente pelo avaliador 2.

Para o estudo foi desenvolvido um dinamômetro de avaliação de força isométrica para os músculos flexores dos dedos do pé, modificado a partir do instrumento utilizado por Kurihara et al.¹⁰ Este instrumento pertence ao Laboratório de Biomecânica e Análise do Movimento Humano (UNIFAL-MG). O aparelho consiste de uma plataforma retangular com quatro apoios acoplada a uma célula de carga ao centro através de encaixe com parafuso e porcas e conectada a um eletromiógrafo (figura 1). Esta plataforma possui 55 cm de comprimento, 33 cm de largura e 76cm de altura. Sob o tampo a célula de carga estava ligada a uma corrente e alça de 35 cm onde os dedos foram encaixados individualmente para realizar a força de tração.

O grande diferencial do instrumento foi a avaliação individual de cada dedo do pé durante o movimento de flexão combinando o método direto e indireto sugerido por

Soysa et al. (2012). Para isso foi utilizado uma célula de carga com capacidade de 200 kgf interligada ao eletromiógrafo, modelo EMG System 830c (EMG System, São José dos Campos, São Paulo, Brasil), capaz de obter os valores de força muscular. Para avaliação da força muscular intrínseca do pé, os voluntários foram posicionados sentados com o quadril e joelhos a 90 graus de flexão, e tornozelo em neutro (0 grau) de acordo com a figura 2. Estes, foram convidados a tirar seus calçados e meias, deixando os pés e tornozelos evidentes. Foi explicado aos voluntários como seria a coleta da contração de cada dedo do pé e que somente o dedo enlaçado realizaria a contração, sem a compensação de estruturas adjacentes como tornozelo, joelho e quadril. O laço foi colocado junto a articulação metatarsfalangeana de cada dedo avaliado, onde este ficava levemente estendido.

Os avaliadores foram posicionados lateralmente ao pé avaliado de forma a observar qualquer compensação de movimento que por ventura viesse a acontecer. Os avaliadores mostraram aos voluntários o movimento correto e este foi treinado antes da coleta. O voluntário foi instruído a realizar o movimento ao comando “força” do examinador, e a este, foi pedido que fizesse a maior força possível. A coleta da força muscular dos flexores de cada dedo do pé se deu por três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de 10 segundos cada, com intervalo de descanso de um minuto. Essa mesma avaliação foi repetida após uma semana para a comparação dos dados entre o avaliador 1 e o avaliador 2. Foi resguardada a integridade física dos voluntários e assegurado seu conforto muscular com medidas minimizadoras caso houvesse dor e fadiga na musculatura avaliada. Não houve desconforto em nenhum voluntário.

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) (IBM Corp., Chicago, EUA), versão 20.0, considerando para ambos os testes um nível de significância de 5%. Foi utilizado o Intraclass Correlation Coefficient (ICC) para calcular a confiabilidade teste-reteste. Foram subtraídos do eletromiógrafo, os valores da força isométrica voluntária máxima menos a força mínima exercida no repouso em cada dedo do pé em três contrações musculares. Deste número, foram extraídos a média e o desvio-padrão e calculado o ICC entre os avaliadores. A confiabilidade foi considerada excelente para valores de

ICC maiores que 0,75; moderada, entre 0,40 e 0,75; fraca, sendo menor 0,40 ¹¹

O erro padrão da medida (EPM) foi calculado e assim como o ICC é uma medida de confiabilidade (Edouard et al. 2014). O EPM envolve o cálculo da variabilidade das medidas de um mesmo indivíduo, sendo traduzido como a raiz quadrada da variância total excluindo-se a variância entre sujeitos (Hopkins 2000, Beckerman 2001). Esse dado é expresso pela mesma unidade da medida e foi calculado pela fórmula abaixo:

$$\text{EPM} = \text{DP} \cdot \sqrt{(1 - \text{ICC})}$$

Além disso, a mínima mudança detectável (MMD), considerada medida de sensibilidade foi calculada, sendo descrita como a menor variação da medida que pode ser interpretada como mudança real.¹⁴ Esse dado é expresso pela mesma unidade da medida e foi calculado pela fórmula abaixo:

$$\text{MMD} = 1,96 \times \sqrt{2} \cdot \text{EPM}$$

Resultados

Os voluntários eram assintomáticos e estudavam ou trabalhavam na UNIFAL/MG, com idade entre 22 a 45 anos, ativos fisicamente, de ambos os sexos e apenas um era canhoto. As médias, desvios padrão e as correlações das três CIVM estão descritas na tabela 1.

Discussão

O objetivo deste estudo foi mensurar a força da musculatura flexora dos pododáctilos individualmente por meio de um instrumento proposto onde este combina o método direto e indireto sugerido por Soysa et al.⁸ e testar a confiabilidade inter examinador. As medidas de força da musculatura flexora de cada dedo de ambos os pés utilizando o dispositivo de tração mostrou ICC excelente em todas as relações. Essas análises nos mostram alta confiabilidade teste-reteste e do instrumento desenvolvido através de uma célula de carga para a avaliação da musculatura intrínseca dos pés em voluntários saudáveis. Medidas de força da musculatura

intrínseca dos pés são importantes, pois esses músculos participam da manutenção do arco longitudinal, estabilidade ligamentar e nos ajustes de equilíbrio e postura do corpo.¹⁵

Entre os métodos diretos, a dinamometria dos dedos do pé é uma ferramenta objetiva para mensurar a força flexora dos dedos.⁸ Esta técnica, em que o dinamômetro é mantido estacionário por um examinador ou um anexo externo e os voluntários empurraram com os dedos dos pés para baixo,^{16,17,18,19} demonstrou excelente confiabilidade intra avaliador com todos os valores de ICC maiores que 0,83.^{16,17,18} No entanto, a confiabilidade entre avaliadores foi relatada somente por Spink et al.¹⁸ com valores de ICC excelentes (ICC 0,82 - 0,88). Uma ação de enrolar o dedo do pé pode ocorrer durante o teste do flexor dos dedos do pé, esta ação supostamente ativa os flexores longos (extrínsecos) dos dedos do pé.

Garth & Miller²⁰ postularam, baseado nas inserções anatômicas dos músculos intrínsecos do pé, principalmente os interósseos e lumbricais, que os interósseos do pé se contraem em grupo para produzir flexão na articulação metatarsofalangeana e extensão na interfalangeana. Isso contrasta com a flexão na articulação metatarsofalangeana e na interfalangeana que é uma ação dos flexores longos (extrínsecos) dos dedos do pé. Esse achado sugere que a dinamometria manual pode ativar os músculos intrínsecos de forma mais eficaz que outros tipos de dinamometria, pois promove a flexão da articulação metatarsofalangeana e a extensão da interfalangeana. Spink et al.¹⁸ consideraram importante o posicionamento do tornozelo ao medir a força dos flexores dos dedos do pé. Os autores levantaram a hipótese que segurando passivamente o tornozelo em flexão plantar máxima, os flexores extrínsecos dos dedos do pé são menos propensos a influenciar na medição. Estando estes músculos em posição de encurtamento máximo, geram menos força. Essa hipótese se apoia nas descobertas de Goldmann & Bruggemann²¹ onde revelam que o menor momento de força foi gerado em torno das articulações metatarsofalangeanas quando o flexor extrínseco dos dedos do pé estava em uma posição encurtada durante a flexão plantar máxima do tornozelo e da articulação metatarsofalangeana. Os autores sugeriram que os momentos de força mais baixos eram porque os flexores intrínsecos, ao invés dos extrínsecos dos dedos do pé, estavam primariamente produzindo o momento ao redor da articulação metatarsofalangeana.

No nosso estudo o tornozelo estava em posição neutra, o que sugere que não houve medição da musculatura intrínseca sem interferência da extrínseca.

Além da análise em indivíduos saudáveis, esse tipo de instrumento é de grande importância nas avaliações em indivíduos portadores de doenças que envolvem os pés, como deformidade dos dedos em martelo e garra, pé cavo, pé plano, Charcot-Marie-tooth, neuropatia periférica diabética, fascíte plantar e hálux valgo¹ por exemplo, contribuindo para o planejamento do tratamento dessas patologias.

O EPM avalia o erro aleatório esperado da medida ('ruído' dos dados), que pode ter origem no instrumento, no avaliador ou no sujeito, ou seja, pode envolver aspectos tecnológicos, biológicos ou até mesmo refletir mudanças de estado físico e mental do sujeito.¹³ O valor do EPM variou de 0,394 (dedo 3) a 0,115 (dedo 4) sendo possível dizer que a medida do dedo 4 apresentou menor erro (ruído) que os outros dedos seguindo uma escala decrescente. A partir do EPM foi calculada a MMD a 95%. A MMD é uma medida de sensibilidade porque é a partir dela que, em medidas repetidas, se verifica se a mudança observada no valor da medida é real, sendo de grande utilidade na prática clínica. O valor de MMD variou de 1,741 (dedo 3) a 0,942 (dedo 4) também seguindo uma escala decrescente o que demonstra maior sensibilidade do dedo 4.

Martins²² descreve que a confiabilidade de um instrumento é a sua coerência, determinada através da constância dos resultados. Kottner et al.¹¹ em seu artigo onde propõe diretrizes para relatórios e estudos de confiabilidade e concordância (GRRAS) define a confiabilidade como a capacidade de uma medição diferenciar entre sujeitos e objetos.

Nesse aspecto os resultados do presente estudo demonstram que o instrumento proposto é confiável para mensuração da força muscular intrínseca do pé, sendo uma alternativa para avaliação da mesma em diferentes populações.

Limitações do estudo

Como limitação podemos citar o período pandêmico (COVID-19) no qual este trabalho foi realizado, dificuldades de coleta e segurança epidemiológica dos pesquisadores e voluntários. Outra limitação foi o "Efeito Hawthorne" porque os avaliadores sabiam que suas intervenções seriam comparadas, ou seja, pode ser que

o comportamento dos avaliadores tenha sido alterado devido ao conhecimento da comparação.

Conclusão

Atualmente não existe um método de medição da musculatura intrínseca do pé que não apresenta a interferência da musculatura extrínseca durante a avaliação. Nós propusemos um novo instrumento onde a avaliação é feita por tração através de uma célula de carga com excelente consistência de medidas, alta confiabilidade e fácil reprodutibilidade.

Devido a importância em se avaliar a musculatura intrínseca do pé, visto sua função para o bom desempenho corporal, e as várias patologias causadas pela sua fraqueza, nosso instrumento contribui apresentando um novo método consistente e de baixo custo, utilizando materiais reutilizáveis, sendo necessário apenas o investimento na célula de carga e eletromiógrafo. O presente estudo apresentou como o instrumento é feito e como pode ser utilizado em estudos futuros e na prática clínica.

RELEVÂNCIA CLÍNICA

- A musculatura intrínseca dos pododáctilos exerce importante papel absorção de impacto, transmissão de forças e estabilidade postural.
- A avaliação desta musculatura contribui p o planejamento do tratamento de diversas patologias dos pés como deformidade dos dedos em garra e em martelo, pé cavo, Charcot-Marie-Tooth, fascíte plantar, hálux valgo, pé plano e neuropatia periférica diabética.
- O novo método de avaliação proposto apresenta boa confiabilidade, fácil reprodutibilidade e baixo custo.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – (CAPES), código 001 e do Programa de Pós-

graduação em Biociências Aplicadas à Saúde da Universidade Federal de Alfenas (PPGB – UNIFAL/MG).

REFERÊNCIAS

1. Jastifer JR. Intrinsic muscles of the foot: Anatomy, function, rehabilitation. *Phys Ther Sport* 2023;61:27-36. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2023.02.005>
2. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, et al. The foot core system: A new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med* 2015; 49(5):290. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2013-092690>
3. Taddei UT, Matias AB, Ribeiro FIA, et al. Effects of a foot strengthening program on foot muscle morphology and running mechanics: a proof-of-concept, single-blind randomized controlled trial. *Phys Ther Sport* 2020;42:107–115. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.01.007>
4. Maeda N, Hirota A, Komiya M, et al. Intrinsic foot muscle hardness is related to dynamic postural stability after landing in healthy young men. *Gait Posture* 2021;86:192–198. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.03.005>
5. Futrell EE, Roberts D, Toole E. The effects of intrinsic foot muscle strengthening on functional mobility in older adults: A systematic review. *J Am Geriatr Soc* 2022;70(2): 531–540. <https://doi.org/10.1111/jgs.17541>
6. Kumar CG, Rajagopal KV, Hande HM, et al. Intrinsic foot muscle and plantar tissue changes in type 2 diabetes melitus. *J Diabetes* 2015;7(6):850-857. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.12254>
7. Ciniglio A, Acquaviva M, Guiotto A, et al. Intrinsic foot muscle forces: A possible biomarker of diabetes. *Gait Posture* 2020;81(1):64–65. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.07.057>
8. Soysa A, Hiller C, Refshauge K, et al. Importance and challenges of measuring intrinsic foot muscle strength. *J Foot Ankle Res* 2012;5(1):29. <https://doi.org/10.1186/1757-1146-5-29>
9. Latey PJ, Burns J, Hiller CE, et al. Relationship between foot pain, muscle strength and size: a systematic review. *Physiotherapy* 2017;103(1):13-20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2016.07.006>
10. Kurihara T, Yamauchi J, Otsuka M, et al. Maximum toe flexor muscle strength and quantitative analysis of human plantar intrinsic and extrinsic muscles by a magnetic resonance imaging technique. *J Foot Ankle Res* 2014;7:26. <https://doi.org/10.1186/1757-1146-7-26>
11. Kottner J, Audigé L, Brorson S, et al. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol* 2011;64(1):96-106. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.03.002>

12. Edouard P, Gasq D, Calmels P, et al. Sensorimotor control deficiency in recurrent anterior shoulder instability assessed with a stabiometric force platform. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23(3):355-360. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.06.005>
13. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med* 2000;30(1):1–15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
14. Beckerman H, Roebroeck ME, Lankhorst GJ, et al. Smallest real difference, a link between reproducibility and responsiveness. *Qual Life Res* 2001;10(7):571-578. <https://doi.org/10.1023/a:1013138911638>
15. Rodriguez MD, Serrão JC, Avila AOV, et al. Aspectos antropométricos do pé humano: procedimentos de mensuração e relações com o crescimento físico na segunda infância. *Revista Brasileira de Postura e Movimento* 1998;2(1):15-27.
16. Kwon OY, Tuttle LJ, Johnson JE, et al. Muscle imbalance and reduced ankle joint motion in people with hammer toe deformity. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009;24(8):670–675. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.05.010>
17. Unger CL, Wooden MJ. Effect of foot intrinsic muscle strength training on jump performance. *J Strength Cond Res* 2000;14(4):373–378. <https://doi.org/10.1519/00124278-200011000-00001>
18. Spink M.J, Fotoohabadi MR, Menz HB. Foot and ankle strength assessment using hand-held dynamometry: reliability and age-related differences. *Gerontology* 2010;56(6):525–532. <https://doi.org/10.1159/000264655>
19. Senda M, Takahara Y, Yagata Y, et al. Measurement of the muscle power of the toes in female marathon runners using a toe dynamometer. *Acta Med Okayama* 1999;53(4):189-191. <https://doi.org/10.18926/AMO/31617>
20. Garth WP Jr, Miller ST. Evaluation of claw toe deformity, weakness of the foot intrinsics, and posteromedial shin pain. *Am J Sports Med* 1989;17(6):821-827. <https://doi.org/10.1177/036354658901700617>
21. Goldmann JP, Brüggemann GP. The potential of human toe flexor muscles to produce force. *J Anat* 2012;221(2):187-194. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2012.01524.x>
22. Martins GA. Sobre confiabilidade e validade. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios – RBGN* 2006;8(jan/abr.2006):1-1

Figura 1 – Instrumento proposto.



Fonte: O autor.

Figura 2- Posicionamento do voluntário no instrumento proposto.



Fonte: O autor.

Tabela 1 – Valores de média, desvio padrão, coeficiente de correlação intraclassa, erro padrão da medida e mínima mudança detectável das três CIVM.

	MEDIA	DP	ICC	NÍVEL ICC	95% CI	EPM	MMD
DEDO 1 - AV 1	5,464	0,640	0,805	EXCELENTE	0,508 – 0,923	0,342	1,621
DEDO 1 - AV 2	5,674	0,647					
DEDO 2 - AV 1	3,574	0,309	0,832	EXCLLENTE	0,571 – 0,934	0,219	1,299
DEDO 2 - AV 2	3,624	0,487					
DEDO 3 - AV 1	3,646	0,383	0,897	EXCELENTE	0,737 – 0,959	0,394	1,741
DEDO 3 - AV 2	3,624	1,526					
DEDO 4 - AV 1	3,346	0,294	0,882	EXCELENTE	0,707 – 0,953	0,115	0,942
DEDO 4 - AV 2	3,574	0,324					
DEDO 5 - AV 1	3,304	0,377	0,921	EXCELENTE	0,804 – 0,968	0,119	0,957
DEDO 5 - AV 2	3,550	0,360					

Legenda: DP: Desvio padrão, ICC: Coeficiente de correlação intraclassa, Nível de classificação do ICC; 95% IC: Intervalo de confiança; EPM: Erro padrão da medida; MMD: Mínima mudança detectável. $p > 0,05$.

3.3 ARTIGO 3

COMPARAÇÃO DA TERMOGRAFIA, OXIMETRIA E BAROPODOMETRIA DE PÉS DIABÉTICOS ANTES E APÓS UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS

COMPARISON OF THERMOGRAPHY, OXIMETRY AND BAROPODOMETRY OF DIABETIC FEET BEFORE AND AFTER AN EXERCISE PROGRAM

Roberta de Oliveira e Silva¹, Dalila de Carvalho Pereira², Douglas Matos Bernardes², Júlio César Melo de Souza², Leonardo César Carvalho¹

¹ Institute of Motricity Sciences, Department of Postgraduate Program in Applied Health Biosciences, Federal University of Alfenas, MG, Brazil

² Nursing Course at the Higher Education and Research Center of Machado, MG, Brazil

(Submetido em 17/04/2024 no Journal of Bodywork & Movement Therapies. Manuscrito número YJBMT-D-24-00206)

RESUMO

Introdução: O risco de desenvolver diabetes aumenta com a idade, obesidade e falta de atividade física sendo os pés o principal alvo. Os exercícios contribuem diminuindo a perda progressiva da sensibilidade vibratória, térmica, tátil e proprioceptiva. **Objetivo:** Comparar os resultados da termografia, oximetria e baropodometria antes e após um programa de exercícios para a musculatura intrínseca dos pés diabéticos tipo 2. **Método:** 109 voluntários diabéticos randomizados em dois grupos, GC (fortalecimento tradicional) e GS (nova técnica de fortalecimento). Ambos realizaram 20 sessões de exercícios domiciliares durante 30 minutos três vezes na semana para fortalecimento da musculatura intrínseca dos pés sem supervisão de um profissional. Cada sessão abrangia três séries de 10 repetições com um minuto de descanso entre as séries. **Resultados:** Após os exercícios houve diminuição do IMC em ambos os grupos e aumento da RCQ no GC. A temperatura diminuiu em todos os pontos no GI, exceto ponto 8 e 11 e no GC diminuiu nos pontos 2, 6, 9 e 12. Houve diminuição dos

valores da oximetria no GI nos dedos 2 e 4 do pé direito e aumento no GC nos dedos 3 e 4 do pé esquerdo. Verificou-se aumento da pressão média com os olhos abertos em ambos os pés nos dois grupos. Os dados estabilométricos apresentaram diminuição da oscilação lateral com os olhos abertos em ambos os pés no GI, e em ambos os grupos no COP, aumento da oscilação lateral em ambos os grupos no pé esquerdo e no GI no COP com os olhos fechados, diminuição do deslocamento ântero-posterior em ambos os grupos nos pés direito, esquerdo e COP e, diminuição do COP em ambos os grupos na área medida em cm². Conclusão: Exercícios de fortalecimento para a musculatura flexora dos dedos dos pés são eficazes na melhora de parâmetros avaliados.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus, exercícios, termografia infravermelha, oximetria, baropodometria.

ABSTRACT

Introduction: The risk of developing diabetes increases with age, obesity and lack of physical activity, with the feet being the main target. Exercise helps to reduce the progressive loss of vibratory, thermal, tactile and proprioceptive sensitivity. Objective: To compare the results of thermography, oximetry and baropodometry before and after an exercise program for the intrinsic muscles of type 2 diabetic feet. Method: 109 diabetic volunteers randomized into two groups, CG (traditional strengthening) and GS (new strengthening technique). Both performed 20 exercises for 30 minutes three times a week to strengthen the intrinsic muscles of the feet without professional supervision. Each session comprised three sets of 10 repetitions with one minute of rest between sets. Results: After the exercises, there was a decrease in BMI in both groups and an increase in WHR in the CG. The temperature decreased at all points in the GI, except points 8 and 11, and in the CG it decreased at points 2, 6, 9 and 12. There was a decrease in oximetry values in the GI in the 2nd and 4th toes of the right foot and an increase in the CG in the 3rd and 4th toes of the left foot. There was an increase in mean pressure with eyes open on both feet in both groups. The stabilometric data showed a decrease in lateral sway with eyes open in both feet in the GI, and in both groups in the COP, an increase in lateral sway in both groups in the left foot and in the GI in the COP with eyes closed, a decrease in the anteroposterior

displacement in both groups in the right, left and COP feet and, COP reduction in both groups in the area measured in cm². Conclusion: Strengthening exercises for the flexor muscles of the toes are effective in improving the parameters evaluated.

Keywords: Diabetes Mellitus, exercise, infrared thermography, oximetry, baropodometry.

INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) é caracterizado por uma síndrome de múltipla etiologia decorrente da falta e/ou incapacidade da insulina em exercer sua função de forma adequada no organismo (Tomic et al. 2022). Devido à microangiopatia causada pela neuropatia diabética, processos de oclusão vascular podem ocorrer nesses pacientes e causar diminuição da perfusão sanguínea das extremidades levando à isquemia tecidual (Chang et al. 2019). Pessoas com diabetes tipo 2 (DM2) podem ter níveis de insulina que parecem normais ou elevados, mas a falha na normalização da glicemia reflete um defeito relativo na secreção de insulina estimulada pela glicose. O risco de desenvolver DM2 aumenta com a idade, obesidade e falta de atividade física (EISayed et al. 2023).

Os pés são o principal alvo da maioria das complicações sensitivas e motoras em que os indivíduos com diabetes são expostos (Van Deursen 2004). A limitação de mobilidade das articulações do pé e tornozelo é prevalente em pacientes com diabetes, bem como pressão plantares alteradas durante a marcha, desequilíbrio entre a musculatura flexora e extensora, e instabilidade postural (Lunes et al. 2014).

Além disso, ocorre acentuada fraqueza da musculatura intrínseca do pé, a qual representa um fator de risco para o desenvolvimento de úlceras plantares (Bus et al. 2002). Tais alterações podem contribuir para mudança no equilíbrio postural e reduzir o tempo de resposta motora a um determinado estímulo. A utilização de exercícios, mesmo que de modo virtual, podem contribuir e diminuir a perda progressiva da sensibilidade vibratória, térmica, tátil e proprioceptiva (Sartor et al. 2012).

Mundialmente, cerca de 422 milhões de pessoas têm DM e 1,6 milhão de mortes são atribuídas diretamente à doença a cada ano. Também houve aumento do número de mortes por DM entre 1990 e 2019, passando de 1.278.866 para 2.988.924. Para os anos de vida perdidos por incapacidades (DALYs), observou-se o crescimento de

28.586.671 em 1990 para 70.888.154 em 2019. No Brasil, o cenário é semelhante, sendo a DM responsável por 43.787 mortes em 1990 e por 107.760 em 2019 (7,64% do total), além de provocar 1.730.460 de DALYs em 1990 e 3.750.735 em 2019 (5,73% do total) (Malta et al. 2022).

Danos vasculares e/ou neurológicos no membro inferior resultando no 'pé diabético' tem sido descrito como a mais cara das complicações específicas do DM (Williams et al. 2020). O custo do diagnóstico e tratamento de distúrbios nos pés é estimado em mais de seis bilhões de dólares anualmente nos Estados Unidos (Harrington et al. 2000; Ramsey et al. 1999).

Além disso, 40% a 85% das amputações do pé diabético podem ser evitadas com a detecção precoce e técnicas preventivas, como descarga e higiene melhorada (Lavery et al. 1998). A identificação precoce de tecido em risco de ulceração pode permitir o cuidado direcionado, reduzindo assim a incidência de ulceração e amputação do pé (Yudovsky et al. 2011).

As complicações causadas nos nervos e vasos sanguíneos periféricos podem levar à diminuição da temperatura do pé, pois a regulação térmica encontra-se prejudicada. Quando as fibras nervosas sensoriais são danificadas, a percepção do frio e do calor é alterada e, quando o fluxo sanguíneo é reduzido, a regulação do calor através da vasodilatação e da vasoconstrição não é eficaz, comprometendo assim a temperatura dos tecidos (Silva et al. 2018a). A vasodilatação e vasoconstrição dos vasos sanguíneos da pele podem efetivamente regular a temperatura, porque a pele atua como um radiador de calor eficaz e um isolante, dependendo da quantidade de sangue que flui através do órgão. Os fatores mais comuns que afetam a temperatura da pele e indicam anormalidades são a inflamação no tecidos subcutâneos/subjacentes e alterações no fluxo sanguíneo. A literatura relata que variações de temperatura da pele podem ser úteis para identificar alterações em patologias como no pé diabético (Ilo et al. 2020).

A termografia infravermelha é um método confiável para avaliar imagens da temperatura da superfície plantar de pessoas com DM (Silva et al. 2018b). É uma técnica não invasiva, segura e confiável que permite rápida avaliação da energia radiante relacionada à temperatura da pele. A termografia infravermelha está sendo cada vez mais apreciada como uma modalidade que pode contribuir para a detecção precoce de danos teciduais incipientes que predisõem à ulceração do pé diabético (Ilo et al. 2020).

O uso da oximetria de pulso para determinar a saturação de oxigênio (SPO₂) no suprimento de sangue periférico tem sido proposto como um método custo-efetivo para triagem rápida de pacientes com doença arterial periférica (Phua et al. 2023). A oximetria de pulso detecta o fluxo pulsátil nas extremidades, refletido como valores de saturação de oxigênio pelo oxímetro. Isso permite uma monitorização contínua e não invasiva do nível de oxigenação do sangue que é ofertado aos tecidos periféricos, o que se relaciona com a viabilidade tissular (Mendes et al. 2019).

Indivíduos diabéticos com neuropatia periférica estão suscetíveis ao desenvolvimento de úlceras plantares, aumento da pressão plantar na região anterior dos pés e comprometimento da circulação sanguínea (Cao et al. 2022). A análise baropodométrica computadorizada permite registrar impressões plantares e forças de reação do solo na área de apoio durante a posição ortostática (posição ereta), dividida por pés (direito e esquerdo) e subdividida em três regiões denominadas 'antepé', 'médio-pé' e 'retropé' para cada pé (Menezes et al. 2012). Estudos têm demonstrado que pessoas com neuropatias diabéticas apresentam dificuldades no que diz respeito ao equilíbrio postural (Lafond et al. 2004). Embora a neuropatia periférica seja geralmente considerada a principal causa da instabilidade corporal, existem algumas evidências de que o próprio diabetes, sob condições estressantes, também pode ter um impacto negativo no controle postural (Bonnet et al. 2009; Centomo et al. 2007).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é comparar os resultados da termografia, oximetria e baropodometria dos pés antes e após um programa de exercícios para a musculatura intrínseca dos pés em voluntários diabéticos tipo 2.

METODOLOGIA

Trata-se de ensaio clínico randomizado, controlado e cross-over.

Os voluntários foram selecionados por meio de convite nas Unidades do Programa Saúde da Família (PSF's) do município de Poço Fundo/MG - Brasil.

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas/MG (CEP-UNIFAL) e aprovado sob o número CAAE: 36899320.7.0000.5142, também foi submetido no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (ReBEC) e aprovado sob o número RBR-2fww6v. Após aprovação, todos os voluntários foram esclarecidos quanto aos objetivos, à importância das atividades desenvolvidas e os possíveis resultados. Adicionalmente, assinaram um Termo de

Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE declarando conhecimento total ao teor da pesquisa podendo desligar-se dela quando desejar, ficando garantido o sigilo da identidade.

Como critérios de seleção, foram considerados indivíduos com diagnóstico de DM2, conforme os critérios da American Diabetes Association, entre 20 e 90 anos de idade, de ambos os sexos, em tratamento dietoterápico ou com antidiabéticos orais (Alberti & Zimmet 1998) e assinatura do TCLE. Foram excluídos indivíduos com DM2 com risco muito elevado, ou seja, aqueles com úlceras e/ou amputações prévias, diagnóstico clínico de hemiplegia, paraplegia, ou doença de Parkinson; amputação do membro; uma história de álcool ou drogas; uma hérnia de disco; lepra; artrite grave que impede a marcha; demência; deficiência intelectual; e outros transtornos psiquiátricos (Lunes et al. 2014). A amostra foi randomizada em dois grupos, ambos realizaram 20 momentos de exercícios durante 30 minutos três vezes na semana para fortalecimento da musculatura intrínseca dos pés sem supervisão de um profissional. Em cada sessão foi realizado três séries de 10 repetições com um minuto de descanso entre as séries.

No Grupo seletivo (GS) – os voluntários realizaram o procedimento de fortalecimento para a musculatura flexora intrínseca e extrínseca do pé por meio de uma nova técnica. Este fortalecimento muscular seletivo dedo a dedo foi realizado com um tubo elástico (látex) de 0,4m de comprimento e diâmetro 0,005m. Os voluntários foram orientados a tensionarem o elástico até a promoção de resistência e em seguida realizar o movimento de flexão dedo a dedo. No Grupo controle (GC) – os voluntários realizaram o fortalecimento da musculatura intrínseca e extrínseca dos pés de forma tradicional, puxando uma toalha com os dedos dos pés como proposto por Lunes et al. (2014).

Houve um período de washout de dois meses, após esse período as intervenções foram realocadas de modo cross over.

Para o voluntário que, porventura, apresentasse desconforto foram disponibilizadas orientações sobre alongamentos e descanso por tempo prolongado e caso necessário, analgesia através de alongamentos e recursos terapêuticos como a eletroestimulação transcutânea (TENS) e ultrassom. Não houve relato de desconforto em nenhum voluntário.

AVALIAÇÃO

A avaliação baseou-se em anamnese e exame físico, que foi realizado por um único examinador mascarado para a distribuição da amostra nos grupos. A anamnese consistiu em dados necessários para a caracterização da amostra, como tempo de diabetes, tipo de medicamentos em uso, se realizava e a frequência das atividades físicas, tabagismo, etilismo, pressão arterial sistêmica e dados antropométricos, tais como altura, peso, IMC (índice de massa corporal) e RCQ (relação cintura quadril).

Para medir a temperatura do tecido dos pés, os autores usaram termografia infravermelha, que capta a temperatura corporal através uma imagem térmica infravermelha, detectando mudanças sutis no fluxo sanguíneo dérmico (Lahiri et al. 2012, Brioschi et al. 2012). A temperatura do pé foi medida de acordo com normas estabelecidas na literatura: o ambiente era controlado termicamente, a temperatura estava constantemente a 23°C; o número de indivíduos no laboratório foi restrito a três, incluindo o avaliador; os participantes foram posicionados em decúbito dorsal e descalço, permanecendo nesta posição por 15 minutos (o tempo necessário para que o corpo atinja o equilíbrio térmico com o ambiente) (Brioschi et al. 2012). A câmera termográfica (FLIR E60, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) ficou na posição 95 cm acima do solo a uma distância padronizada de 98 cm dos pés do participante. Para evitar que o calor corporal de outras regiões interferisse na imagem da superfície plantar, um papelão suporte foi usado para isolamento térmico (Silva et al. 2018a). Depois de capturar a imagem termográfica dos pés, a análise térmica computacional foi realizada em 12 pontos pré-estabelecidos pelos pesquisadores de acordo com a figura 1.

Após a coleta da termografia, a SPO₂ foi medida através de um oxímetro (oxímetro de dedo digital de pulso JZK-302, homologado pela ANVISA, Registro: 80393910033) de cada dedo de ambos os pés com o voluntário em decúbito dorsal (figura 2).

Para avaliação baropodométrica foi utilizado o baropodômetro FootWork Pro (IST- Informatique, França), com a finalidade de observar o deslocamento do centro de pressão do corpo (COP). Os voluntários foram posicionados em ortostatismo sobre a plataforma com os pés equidistantes, garantido por meio de um gabarito de 10 cm entre os maléolos mediais do tornozelo (Figura 3). O equilíbrio estático foi avaliado

com olhos abertos e com o olhar direcionado a uma parede na sua frente. Após, a mesma avaliação foi repetida com os olhos vendados e ouvidos tampados com um abafador de som posicionado em ambas as orelhas. O tempo de coleta para cada condição foi de 30 segundos. Entre uma avaliação e outra foi dado um descanso de um minuto. Os dados foram adquiridos do baropodômetro a uma frequência de 100Hz e analisados por meio do software FootWork Pro v. 3.2.2.0 (IST Informatique, França). Os parâmetros estabilométricos analisados foram: oscilação lateral de ambos os pés e do COP, deslocamento anteroposterior de ambos os pés e COP e área (superfície) de ambos os pés e do COP (COP cm²). Além disso, foram avaliados os dados de pressão plantar média e máxima.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do software Statistical Package for Social Sciences (SPSS) (IBM Corp., Chicago, EUA), versão 27.0, considerando nível de significância de 5% para ambos os testes. Inicialmente foi realizado um estudo piloto para estimativa do n amostral com resultado de 109 voluntários. A análise descritiva foi apresentada em média e desvio padrão (DP). Os dados não apresentaram distribuição normal sendo realizado o teste não paramétrico de Wilcoxon.

RESULTADOS

Foram avaliados 109 voluntários com idade média de 63,7 anos. 73,8% eram do sexo feminino, 75,2% eram destros e apenas 14,7% tiveram COVID-19. As características gerais e antropométricas estão descritas na tabela 1 e 2.

Houve diminuição significativa do IMC em ambos os grupos após o programa de exercícios. Quando comparados os dois grupos após os exercícios verificou-se diferença com IMC menor no GS.

A RCQ aumentou de forma significativa no GC após os exercícios e, quando comparados os grupos após os exercícios, houve diminuição no GS.

A tabela 3 refere-se aos dados obtidos da termografia. Nota-se diminuição da temperatura em todos os pontos no GS, exceto ponto 8 e 11. No GC houve diminuição nos pontos 2, 6, 9 e 12. No ponto 11 (cabeça do terceiro metatarso do pé direito) houve

aumento da temperatura em ambos os grupos. Quando comparados os grupos após os exercícios, houve diminuição da temperatura nos pontos 1, 3, 5 e 6.

Os valores da oximetria estão descritos na tabela 4 e 5. Houve diminuição relevante dos valores da oximetria no GS nos dedos 2 e 4 do pé direito e aumento significativo da oximetria no GC nos dedos 3 e 4 do pé esquerdo. A Tabela 5 refere-se à temperatura ambiente e corporal no momento da coleta da oximetria. Não houve diferença de temperatura antes e após os exercícios. Verificou-se apenas diferença de temperatura ambiente e corporal entre os grupos antes dos exercícios.

A tabela 6 apresenta os resultados obtidos na baropodometria em ambos os grupos com os olhos abertos e fechados. Houve aumento da pressão média com os olhos abertos em ambos os pés nos dois grupos. Nos dados estabilométricos, verificou-se diminuição da oscilação lateral com os olhos abertos em ambos os pés no GS, e em ambos os grupos no COP. Com os olhos fechados, a oscilação lateral aumentou em ambos os grupos no pé esquerdo e no GS no COP. No deslocamento ântero-posterior, houve diminuição significativa em ambos os grupos nos pés direito, esquerdo e COP. Na área (superfície de deslocamento) medida em cm^2 , houve diminuição do COP em ambos os grupos. Quando comparados os parâmetros entre os grupos após os exercícios, houve diminuição da oscilação lateral com os olhos abertos, fechados e na área de superfície, todos eles com GS com menor valor.

DISCUSSÃO

O impacto que as mudanças na estrutura demográfica e o aumento da longevidade têm acarretado ao perfil de doenças crônicas como a diabetes tem sido muito discutido (Carvalho et al. 2023). Acredita-se que essas características sejam reflexos das mudanças da população brasileira em sua estrutura populacional e em seu padrão de morbimortalidade no século XXI, momento em que se deve considerar a relação entre envelhecimento e o aumento da carga de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), com destaque para o DM2, prevalente entre as mulheres e pessoas de maior idade (Schmidt et al. 2011; Torres et al. 2010; Oliveira & Zanetti 2011). Os resultados deste estudo demonstram que a maioria dos participantes são do sexo feminino, possuem mais de 60 anos, corroborando com achados de outros

estudos realizados em usuários com DM2 (Funnell et al. 2009; Oliveira & Zanetti 2011).

De acordo com Vasques et al. (2007), o excesso de peso corporal exerce grande influência na sensibilidade à insulina e está diretamente associado ao desenvolvimento do DM2. É consenso que a distribuição anatômica do tecido adiposo está relacionada a alterações indesejáveis no perfil lipídico e outros efeitos deletérios da obesidade. Embora haja um componente hereditário importante, o ganho de peso, associado ao sedentarismo, tem alta relação com o aparecimento do DM2 (Carvalho et al. 2023).

Uma associação positiva entre obesidade e risco de desenvolvimento de DM2 tem sido recorrentemente observada em estudos transversais e prospectivos (Oliveira et al. 2010). Na presença de um IMC acima de 22 Kg/m², o risco de diabetes aumenta 25% para cada elevação de 1,0 Kg/m². Além disso, o risco para o desenvolvimento de complicações crônicas está diretamente associado à elevação no IMC (Carvalho et al. 2023). A OMS (Organização Mundial de Saúde) considerada normal o IMC até 25 Kg/m² e sobrepeso acima de 25 Kg/m² (Monteiro et al. 2010). Em nosso estudo houve uma diminuição significativa do IMC após o protocolo de exercícios em ambos os grupos, com índice menor para o GS.

Para avaliar a distribuição de gordura corpórea, estudos epidemiológicos utilizam, desde a década de 70, a relação cintura-quadril (RCQ), obtida pela divisão dos perímetros da cintura (cm) e do quadril (cm). Dentre os pontos de cortes estabelecidos para discriminar valores adequados dos inadequados de RCQ, o mais utilizado tem sido 0,8 para o sexo feminino e 1,0 para o masculino (Machado & Sichieri, 2002). Neste estudo, ambos os grupos apresentaram RCQ maior que 0,9 com significância estática antes e após a prática dos exercícios para os pés apenas no GC.

Quando comparados os grupos após os exercícios nota-se diminuição significativa das características antropométricas no GS. Estes achados sugerem que mesmo um exercício realizado de forma sentada com foco no fortalecimento dos pés juntamente com as orientações dadas aos voluntários reagem de maneira positiva nos cuidados diários e na busca pela melhora na qualidade de vida.

O monitoramento da temperatura em pés diabéticos vem sendo estudado ao longo dos anos. Estudos mostram que a temperatura elevada em pés de pessoas com diabetes podem prever o aparecimento de doenças neuropáticas e úlceras nos pés

devido à inflamação e autólise enzimática do tecido (Armstrong et al. 2007; Bus 2016). Processos inflamatórios e alterações no fluxo sanguíneo podem afetar os mecanismos termorreguladores da pele nos diabéticos (Kellogg, 2006).

Os resultados da termografia demonstraram queda da temperatura em todos os pontos no GI, exceto ponto 8 e 11. Os voluntários do GS realizaram o exercício de fortalecimento para os dedos dos pés de forma seletiva ou seja, dedo a dedo, com resistência elástica, e isso pode ter contribuído para a prevenção de complicações. Os pontos 8 e 11 são homólogos (cabeça do terceiro metatarso) no pé esquerdo e direito, respectivamente. Nesses pontos foram registradas as maiores temperaturas, e, de forma significativa no ponto 11 em ambos os grupos. Este local que deve ser monitorado quanto à predisposição de algum fator deletério. No GC houve diminuição nos pontos 2 (falange distal do terceiro dedo esquerdo), 6 (falange distal do quinto dedo direito), 9 (cabeça do primeiro metatarso esquerdo) e 12 (cabeça do quinto metatarso direito). Este grupo realizou os exercícios enrolando uma toalha com todos os dedos dos pés. Embora esse exercício não tenha resistência elástica, houve alteração significativa nos pontos descritos. Quando comparados os dois grupos após o programa de exercícios, observa-se diminuição significativa da temperatura nos pontos 1 (falange distal do quinto dedo esquerdo), 3 (falange distal do hálux esquerdo), 5 (falange distal do terceiro dedo direito) e 6 (falange distal do quinto dedo direito). Em ambos os exercícios, as pontas dos dedos tocam o solo no movimento de flexão ou enrolando a toalha ou vencendo a resistência elástica.

Najafi et al. (2012) em seu estudo sobre a resposta da temperatura plantar em diabéticos com e sem Charcot na caminhada, relata que seus participantes também experimentaram uma queda da temperatura inicial em ambos os pés após 50 passos. O autor justifica que a queda na temperatura pode ser devido à regulação do fluxo microvascular em resposta à carga cíclica e ao relaxamento. Silver-Thorn (2002), demonstrou que aplicando uma carga e descarga cíclica no tecido humano saudável a perfusão da pele é inicialmente aumentada em resposta à carga inicial e diminui com o aumento da pressão ou carga prolongada até atingir um nível de estado estacionário (primeira resposta de pulso). Em seguida, novamente aumenta e depois diminui para o valor inicial em resposta à descarga (resposta ao segundo impulso ou resposta à hiperemia) ao passo que foi observada pouca ou nenhuma reperfusão tecidual observada durante o período de relaxamento prolongado sem stress cíclico. Portanto, atividades cíclicas como a marcha podem, na verdade, aumentar a perfusão

cumulativa da pele plantar em função de tempo (ou integral de tempo) em comparação com o relaxamento prolongado (por exemplo, sentar e deitar) ou condições de carga prolongada (por exemplo, ortostatismo). Assim, essa regulação da perfusão cutânea em resposta ao stress cíclico pode explicar a queda inicial da temperatura plantar nos primeiros passos em relação à linha de base (relaxamento) para a pele saudável, quando outros fatores que contribuem para o aumento da temperatura da pele (por exemplo, fricção, custo metabólico, etc) são ainda negligenciáveis (Najafi et al. 2012). Considerando episódios de caminhada curtos (Najafi et al. 2010) este mecanismo de regulação é de importância fundamental na regulação da temperatura do pé durante a atividade da vida diária. Em nosso estudo também houve uma intervenção curta o que justifica a queda e a não manutenção da temperatura nos pontos avaliados nos pés. Silva et al. (2018c) também observaram diminuição na temperatura dos pés em seus voluntários e relatam que diabéticos apresentam complicações de inervação dos membros inferiores com chances de dano aos nervos periféricos. No estudo de Ilo et al. (2020) a presença de neuropatia aumentou a temperatura dos pés, achados explicados pelos mecanismos de termorregulação dos pés. Niemann e colaboradores (2020) relatam que na posição ortostática ocorre uma redução significativa da temperatura nos pés, sem diferenças entre pessoas com e sem diabetes. Estes, afirmam também que existem poucas evidências para predizer o quanto a temperatura cutânea se modifica em pontos específicos nos pés dos diabéticos, durante o repouso ou ao longo de atividades dinâmicas.

Beach e colaboradores (2021) sugerem que os aumentos detectáveis de temperatura nos pés pode ser um novo biomarcador que pode estar relacionado às diferenças na biomecânica dos tecidos moles e vascularização no início e durante a progressão do diabetes. Nossos resultados sugerem que os exercícios de fortalecimento para a musculatura dos pés pode ter prevenido o aparecimento de microlesões, fator este ligado ao aumento da temperatura dos pés.

Diferentes métodos de obtenção de medidas de SPO₂ no membro inferior têm sido descritos na literatura. Os oxímetros de pulso são geralmente aplicados no hálux ou nos dedos adjacentes se o hálux for inadequado (Kumar et al. 2016; Siao et al. 2018; Jain et al. 2020). Em nosso estudo coletamos a oximetria de todos os dedos de ambos os pés antes e após o protocolo de exercícios. Phua et al. (2023) em sua revisão de literatura sobre a sensibilidade e especificidade da oximetria de pulso para identificação de Doença Arterial Periférica (DAP), postula que a oximetria de pulso

avalia a microvasculatura, que é mais suscetível de ser afetada pela DAP em populações com diabetes, e relata ser a oximetria de pulso superior ao índice tornozelo-braquial para tal avaliação. Atualmente não há diretrizes consensuais sobre a utilidade da oximetria de pulso e seus métodos de medição no membro inferior (Kumar et al. 2016; Siao et al. 2018). Apesar disso, a oximetria de pulso é potencialmente um complemento valioso porque é econômico, prontamente disponível e fácil de usar (Phua et al. 2023).

Nossos resultados demonstraram diminuição relevante dos valores da oximetria no GS nos dedos 2 e 4 do pé direito e aumento significativo da oximetria no GC nos dedos 3 e 4 do pé esquerdo. Alterações nos valores da oximetria devem ser avaliados criteriosamente. Vários fatores podem interferir na eficácia da leitura como: temperatura ambiente, temperatura dos pés, atividade do voluntário antes da avaliação, pigmentação da pele, uso de esmaltes, tipo de calçado e tabagismo. A oximetria foi aferida após o voluntário permanecer por no mínimo 15 minutos em decúbito dorsal e, alguns fatores relacionados ao erro de leitura não foram possíveis de serem controlados pelos pesquisadores embora as temperaturas ambiente e corporal não apresentem diferença significativa antes e após o protocolo de exercícios. Nas voluntárias que estavam usando esmalte nos dedos dos pés, estes, foram removidos antes da coleta.

A investigação da pressão da superfície plantar em pessoas com DM tem sido alvo de muitos estudos (Armstrong & Stacpoole-Shea, 1999; Caselli et al. 2002; Netten et al. 2020; Schaper et al. 2019; Sutkowska et al. 2019). Alguns autores relatam que a medida da pressão plantar demonstram maior especificidade para identificar pacientes com risco de ulceração nos pés, devido a picos elevados de pressão (Armstrong & Stacpoole-Shea, 1999; Netten et al. 2020). Sutkowska e colaboradores (2019) defendem que a biomecânica corporal e a fisiopatologia do DM, podem influenciar na distribuição destas pressões entre os membros inferiores destes pacientes.

Os resultados da baropodometria demonstraram um aumento significativo da pressão média com os olhos abertos em ambos os pés nos dois grupos. Esses dados refletem aumento no equilíbrio postural com os olhos abertos após o programa de exercícios, pois houve aumento da área de contato dos pés com a superfície, sendo o peso distribuído de maneira uniforme, evitando assim picos de pressão específicos.

Na avaliação estabilométrica a variável mais comumente utilizada para analisar

as oscilações do corpo humano é a posição do centro de pressão (COP), que é o ponto de aplicação da resultante das forças agindo na superfície de suporte. O deslocamento do COP representa um somatório das ações do sistema de controle postural e da força da gravidade (Duarte 2000). Nossos dados estabilométricos apresentam diminuição em centímetros (cm) da oscilação lateral com os olhos abertos em ambos os pés no GI, e em ambos os grupos no COP. Com os olhos fechados, a oscilação lateral aumentou em ambos os grupos no pé esquerdo e no GS no COP. No deslocamento ântero-posterior, houve diminuição significativa em ambos os grupos nos pés direito, esquerdo e COP. A diminuição do valor reflete menor oscilação e, portanto, maior equilíbrio.

Em relação a superfície (área) dos pés medida em cm^2 houve diminuição do COP em ambos os grupos. Quando comparados os parâmetros entre os grupos após os exercícios, houve diminuição da oscilação lateral com os olhos abertos, fechados e na área de superfície, todos eles com GS com menor valor.

Esses resultados nos mostram que houve melhora na superfície de contato dos pés com a superfície e diminuição dos parâmetros estabilométricos refletindo maior equilíbrio após um programa de exercícios, demonstrando que o fortalecimento dos flexores dos dedos dos pés contribuiu para o aumento da consciência corporal, da estabilidade corporal e da capacidade do corpo em fazer ajustes posturais em voluntários diabéticos.

Este estudo apresenta algumas limitações. Não foi avaliado se os voluntários apresentavam artropatia de Charcot, condição está que altera o fluxo vascular e a temperatura dos tecidos, elevando o gradiente térmico. Apesar do calculo amostral ter sido feito, acreditamos que um n amostral maior traria resultados mais robustos. Outra limitação é em relação ao tamanho dos pés pois sabe-se que quanto maior os pés mais equilibrado este sujeito se apresenta. Não foi realizada qualquer relação com esse parâmetro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas são as intervenções destinadas a melhora das condições patologicas em que os portadores de diabetes são expostos. Todos os esforços destinados a amenizar os sinais e sintomas são válidos. As alterações nos pés em diabeticos são comuns. Medidas simples como exercícios de fortalecimento para a musculatura

flexora dos dedos dos pés provou ser eficaz na melhora de parâmetros vasculares, térmicos e proprioceptivos. Concluímos que houve melhora dos parâmetros da termografia infravermelha, oximetria e baropodometria nos pés de voluntários diabéticos após um programa de exercícios, principalmente exercícios realizados de forma individual, dedo a dedo com uso de resistência elástica.

RELEVÂNCIA CLÍNICA

- O fortalecimento da musculatura intrínseca e extrínseca dos dedos dos pés contribui para o equilíbrio postural em voluntários diabéticos.
- A intervenção com exercícios de fortalecimento para os pés por um curto período diminui os parâmetros da temperatura medidos por termografia infravermelha, devido à regulação do fluxo microvascular em resposta à carga cíclica e ao relaxamento.
- Os exercícios de fortalecimento dos flexores dos dedos dos pés melhoraram o equilíbrio postural principalmente com os olhos abertos.

Funding

This study was financed in part by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel – Brazil (CAPES) – Finance Code 001 through the Postgraduate Program in Rehabilitation Science of the Federal University of Alfenas – UNIFAL/MG.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors

Conflict ethical statements

I have nothing to disclose.

I have seen a version of the manuscript to be submitted/published and I hereby give my consent for my name (or name of entity) to be included in the acknowledgement section in the above-named manuscript for consideration of publication in the Journal of Bodywork and Movement Therapies. I understand that this signed form will be submitted to the journal with the manuscript as evidence of my consent.

I understand that this manuscript may be published in the Journal of Bodywork and Movement Therapies and in products derived from the journals. As a result, I understand that the material may be seen by the general public.

I understand that I may revoke consent at any time before publication, but once the information has been published revocation of the consent is no longer possible. I understand that I will derive no financial benefit from publication of this paper.

CRedit authorship contribution statement

Roberta de Oliveira e Silva: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Investigation, Data curation, Writing – review & editing, Visualization.

Leonardo César Carvalho: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Formal analysis, Writing – review & editing, Visualization, Supervision.

Declaration of competing interest

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

Acknowledgements

The authors would like to thank all the volunteers who participated in the study. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001 through the Postgraduate Program in Rehabilitation Science of the Federal University of Alfenas - UNIFAL-MG.

REFERÊNCIAS

Alberti KG, Zimmet PZ 1998 Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med* 15(7):539-53. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9136\(199807\)15:7<539:AID-DIA668>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9136(199807)15:7<539:AID-DIA668>3.0.CO;2-S)

Armstrong DG, Stacpoole-Shea, S 1999 Total Contact Casts and Removable Cast Walkers: Mitigation of Plantar Heel Pressure. *J Am Podiatr Med Assoc* 89(1): 50-53.

Armstrong DG, Holt-Neiderer K, Wendel C, et al 2007 Skin temperature monitoring reduces the risk for diabetic foot ulceration in high-risk patients. *Am J Med* 120(12): 1042-1046.

Beach C, Cooper G, Weightman A, et al 2021 Monitoring of dynamic plantar foot temperatures in diabetes with personalised 3D-printed wearables. *Sensors (Basel)* 21(5): 1717.

Bonnet C, Carello C, Turvey MT 2009 Diabetes and postural stability: review and hypotheses. *J Mot Behav* 41(2):172-190. <https://doi.org/10.3200/JMBR.41.2.172-192>

Brioschi ML, Cherem AJ, Ruiz RC, Sardá Júnior JJ, Silva FM. *Medical Thermography Textbook Principles and Applications*. 1st ed. São Paulo, Brazil: Andreoli; 2012.

Bus AS 2016 Innovations in plantar pressure and foot temperature measurements in diabetes. *Diabetes Metab Res Ver* 32:221-226.

Bus SA, Yang QX, Wang JH, et al. 2002 Intrinsic muscle atrophy and toe deformity in the diabetic neuropathic foot: a magnetic resonance imaging study. *Diabetes Care* 25(8):1444-1450. <https://doi.org/10.2337/diacare.25.8.1444>

Cao Z, Wang F, Li X, et al. 2022 Characteristics of Plantar Pressure Distribution in Diabetes with or without Diabetic Peripheral Neuropathy and Peripheral Arterial Disease. *J Healthc Eng Jun* 6: 2022:2437831. <https://doi.org/10.1155/2022/2437831>

Carvalho FD, Queiroz LO, Dornelas RC, et al. 2023 Comparativo de saúde de pacientes com diabetes atendidos em uma associação na cidade de Barbacena, MG, Brasil, antes e depois da pandemia de COVID-19. *BRASPEN J* 38(4):350-356. <https://doi.org/10.37111/braspenj.2023.38.4.04>

Caselli A, Phum H, Giurini JM, et al 2002 The Forefoot-to-Rearfoot Plantar Pressure Ratio is Increased in Severe Diabetic Neuropathy and Can Predict Foot Ulceration. *Diabetes Care*, 25(6): 1066-1071.

Chang P, Corzantes-González KM, Anzueto E 2019 Enfermedades sistémicas que afectan los pulpejos. *Dermatol Rev Mex*. 63(6):576-583.

Centomo H, Termoz N, Savoie S, Béliveau L, Prince F 2007 Postural control following a self-initiated reaching task in type 2 diabetic patients and age-matched controls. *Gait Posture* 25(4):509-514. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.06.010>

Duarte M 2000 Análise estabilográfica da postura ereta humana quase-estática. Escola de Educação Física e Esporte – Universidade de São Paulo. Tese de Concurso de Livre Docência.

ElSayed NA, Aleppo G, Aroda VR, et al. 2023 Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Care in Diabetes-2023. *Diabetes care* 46(Suppl 1): 19-40. <https://doi.org/10.2337/dc23-S002>

Funnell MM, Brown TL, Childs BP, et al. 2009 National standards for diabetes self-

management education. *Diabetes Care* 31(1):97-104. <https://doi.org/10.2337/dc09-S087>

Harrington C, Zagari MJ, Corea J, et al. 2000 A cost analysis of diabetic lower-extremity ulcers, *Diabetes Care* 23(9), 1333–1338. <https://doi.org/10.2337/diacare.23.9.1333>

Ilo A, Ronsi P, Mäkelä J 2020 Infrared Thermography and Vascular Disorders in Diabetic Feet. *J Diabetes Sci Technol* 14(1): 28-36. <https://doi.org/10.1177/1932296819871270>

lunes DH, Rocha CBJ, Borges NCS, et al. 2014 Self-care associated with home exercises in patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *PLoS ONE* 9(12):e114151. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114151>

Jain A, Seth G, Nanda SP, et al. 2020 Role of pulse oximetry and ankle brachial index in diagnosis of lower limb artery disease (LEAD) in patients with coronary artery disease. *J Assoc Physicians India*68(4):53-55.

Kellogg DLJ 2006 In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. *J Appl Physiol*, 100(5): 1709-1718.

Kumar MS, Lohiya A, Ramesh V, et al. 2016 Sensitivity and specificity of pulse oximetry and ankle-brachial index for screening asymptomatic peripheral vascular diseases in type 2 diabetes mellitus. *J Assoc Physicians India* 64(8):38-43. PMID: 27762107

Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, et al. 2012 Medical applications of infrared thermography: a review. *Infrared Phys Technol* 55(1):221-235. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>

Lafond D, Corriveau H, Prince F 2004 Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care* 27(1):173-178. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.1.173>

Lavery LA, Armstrong DG, Vela AS, et al. 1998 Practical criteria for screening patients at high risk for diabetic foot ulceration. *Arch Intern Med* 158(2):157-162. <https://doi.org/10.1001/archinte.158.2.157>

Machado PAN, Sichieri R 2002 Relação cintura-quadril e fatores de dieta em adultos. *Rev Saúde Pública*, 36(2):198-204. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000200012>

Malta DC, Bernal RTI, Sá ACMGN, et al. 2022 Diabetes autorreferido e fatores associados na população adulta brasileira: Pesquisa Nacional de Saúde, 2019. *Ciênc. saúde coletiva* 27(7):2643-2653. <https://doi.org/10.1590/1413-81232022277.02572022>

Mendes CV, Machado FB, Maciel LVP, et al. 2019 Oximetria de pulso como ferramenta auxiliar no diagnóstico da doença arterial obstrutiva periférica. *Rev Med*

Minas Gerais 29 (Supl 8): 47-61. <https://doi.org/10.5935/2238-3182.20190044>

Menezes LT, Barbosa PHFA, Costa AS, Mundim AC, Ramos GC, Paz CCSC, et al. 2012 Baropodometric technology used to analyze types of weight-bearing during hemiparetic upright position. *Fisioter. mov.* 25(3): 583-594. <https://doi.org/10.1590/S0103-51502012000300014>

Monteiro LZ, Fiani CRV, Freitas MCF, et al. 2010 Redução da pressão arterial, da IMC e da glicose após treinamento aeróbico em idosas com diabetes tipo 2. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 95(5):563-570. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000135>

Najafi B, Crews RT, Wrobel JS 2010 The importance of time spent standing for those at risk of diabetic foot ulceration. *Diabetes Care* 33(11):2448–2450. <https://doi.org/10.2337/dc10-1224>

Najafi B, Wrobel JS, Grewal G, et al. 2012 Plantar Response to Walking in Diabetes with and without Acute Charcot: The Charcot Activity Response Test. *J Aging Res* 2012:2012:140968.

Netten JJV, Sacco ICN, Lavery LA, et al 2020 Treatment of modifiable risk factors for foot ulceration in persons with diabetes: a systematic review. *Diabetes Metab Res Ver* 36(S1):3271.

Niemann U, Spiliopoulou M, Malanowski J, et al. 2020 Plantar temperatures in stance position: A comparative study with healthy volunteers and diabetes patients diagnosed with sensoric neuropathy. *E Bio Medicine, Manchester*, v. 54: 102712.

Oliveira AF, Valente JG, Leite IC. 2010 Fração da carga global do diabetes mellitus atribuível ao excesso de peso e à obesidade no Brasil. *Rev Panam Salud Publica* 27(5):338-344. <https://doi.org/10.1590/S1020-49892010000500003>

Oliveira KCS, Zanetti ML 2011 Conhecimento e atitude de usuários com diabetes mellitus em um serviço de atenção básica à saúde. *Rev Esc Enferm USP* 45(4):862-868. <https://doi.org/10.1590/S0080-62342011000400010>

Phua S, Hawke FE, Chuter VH, Tehan PE 2023 Sensitivity and Specificity of Pulse Oximetry for Identification of Peripheral Artery Disease: A Systematic Review. *J Cardiovasc Nurs* Sep 29. <https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000001030>

Ramsey SD, Newton K, Blough D, et al. 1999 Incidence, outcomes, and cost of foot ulcers in patients with diabetes. *Diabetes Care* 22(3):382–387. <https://doi.org/10.2337/diacare.22.3.382>

Sartor CD, Watari R, Pássaro AC, et al. 2012 Effects of a combined strengthening, stretching and functional training program versus usual-care on gait biomechanics and foot function for diabetic neuropathy: a randomized controlled trial. *Musculoskeletal Disorders* 13(36):2-10. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-36>

Schaper, NC, Van Netten JJ, Apelqvist J, et al 2019 Diretrizes do IWGDF sobre a

prevenção e o tratamento de pé diabético. IWGDF Guideline. Holanda.

Schmidt MI, Duncan BB, Silva GA, et al. 2011 Chronic non-communicable diseases in Brazil: burden and current challenges. *Lancet* 377(9781):1949-1961. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60135-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60135-9)

Siao RM, So MJ, Gomez MH 2018 Pulse oximetry as a screening test for hemodynamically significant lower extremity peripheral artery disease in adults with type 2 diabetes mellitus. *J Asean Fed Endocr Soc*33(2):130-136. <https://doi.org/10.15605/jafes.033.02.04>

Silva NCM, Castro HA, Carvalho LC, et al. 2018b Reliability of Infrared Thermography Images in the Analysis of the Plantar Surface Temperature in Diabetes Mellitus. *Journal of chiropractic medicine* 17(1): 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2017.10.006>

Silva NCM, Chaves ÉCL, Carvalho EC, et al. 2018a Effect of Foot Reflexology on Capillary Blood Glucose, Tissue Temperature, and Plantar Pressure of Individuals With Diabetes Mellitus (Type 2): A Pilot Study. *Journal of chiropractic medicine* 17(3): 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2018.03.003>

Silva NCM, Chaves ÉCL, Carvalho EC, et al. 2018c Effect of Foot Reflexology on Capillary Blood Glucose, Tissue Temperature, and Plantar Pressure of Individuals With Diabetes Mellitus (Type 2): A Pilot Study. *J Chiropr Med.* 17(3):182-189. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2018.03.003>

Silva PLN, Maciel MM, Carfesan CS, et al. 2013 A política de atenção à saúde do homem no Brasil e os desafios da sua implantação: uma revisão integrativa. *Rev Enf Glob* 32(1):414-43.

Silver-Thorn MB 2002 Investigation of lower-limb tissue perfusion during loading. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 39(5):597–608.

Sutkowska E, Sutkowski K, Solowski M, et al 2019 Distribution of the Highest Plantar Pressure Regions in Patients with Diabetes and Its Association with Peripheral Neuropathy, Gender, Age, and BMI: One Centre Study. *Diabetes Res Clin Pract.* 2019: 7395769.

Tomic D, Shaw JE, Magliano DJ 2022 The burden and risks of emerging complications of diabetes mellitus. *Nat Rev Endocrinol* Sep;18(9): 525-539. <https://doi.org/10.1038/s41574-022-00690-7>

Torres HC, Pace AE, Stradioto MA 2010 Análise sociodemográfica e clínica de indivíduos com diabetes tipo 2 e sua relação com o autocuidado. *Cogitare Enfermagem* 15(1):48-54. <https://doi.org/10.5380/ce.v15i1.17144>

Van Deursen R 2004 Mechanical loading and off-loading of the plantar surface of the diabetic foot. *Clin Infect Dis* 39(Suppl 2):87-91. <https://doi.org/10.1086/383268>

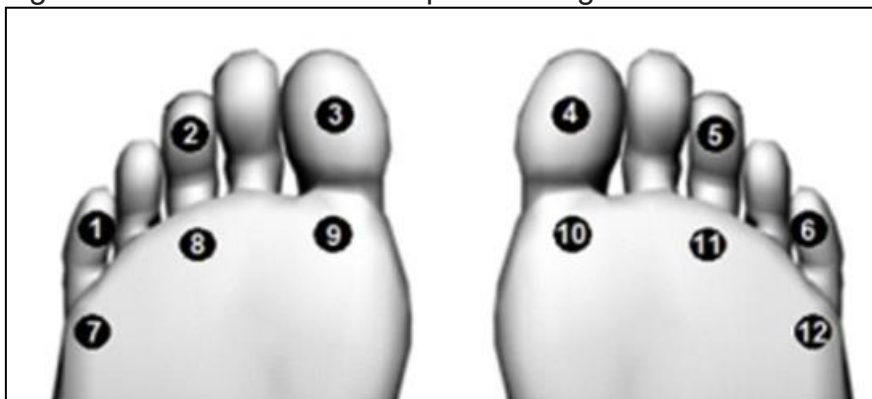
Vasques ACJ, Pereira PF, Gomide RM, et al. 2007 Influência do excesso de peso

corporal e da adiposidade central na glicemia e no perfil lipídico de pacientes portadores de diabetes mellitus tipo 2. Arq Bras Endocrinol Metab. 51(9):1516-21. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302007000900015>

Williams R, Karuranga S, Malanda B, et al. 2020 Global and regional estimates and projections of diabetes-related health expenditure: results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. Diabetes Research and Clinical Practice, (), 108072–. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108072>

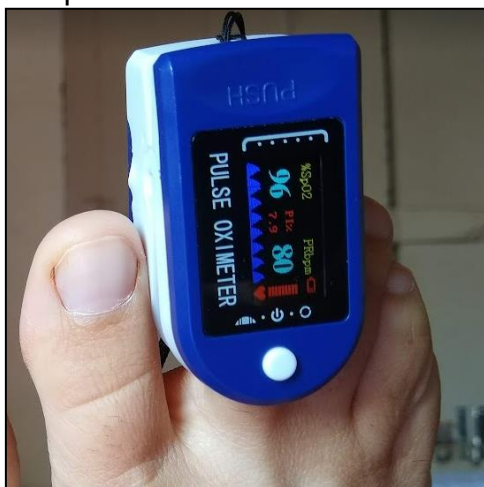
Yudovsky D, Nouvong A, Schomacker K, et al. 2011 Assessing diabetic foot ulcer development risk with hyperspectral tissue oximetry. Journal of Biomedical Optics 16(2), 026009. <https://doi.org/10.1117/1.3535592>

Figura 1 – Pontos analisados pela termografia infravermelha.



Fonte: do autor.

Figura 2 – Oximetria dos dedos dos pés.



Fonte: do autor.

Figura 3 – Posicionamento do voluntário na plataforma de força da baropodometria.



Fonte: do autor.

Tabela 1 – Características gerais dos voluntários.

N	109
N feminino (%)	83 (73,8%)
Idade média (DP)	63,79 (13,18)
Lateralidade – Destro (%)	82 (75,2%)
Infecção por COVID-19 (%)	16 (14,7%)

Estatística descritiva (SPSS 27.0). N = número amostral; DP = desvio padrão.

Tabela 2 - Características antropométricas dos voluntários dos grupos controle (GC) e grupo seletivo (GS), nos momentos pré e pós exercícios.

Item	Grupo	PRÉ	PÓS	p
IMC	CONTROLE	29.516(10.030)	27.646(3.925)	0.002*
	INTERVENÇÃO	28.899(5.141)	27.0938(3.420)	<0.001*
	p	0.519	0.041*	
RCQ	CONTROLE	0.917(0.748)	0.935(0.650)	0,011*
	INTERVENÇÃO	0.922(0.576)	0.908(0.130)	0.444
	p	0.571	0.003*	

Teste de Wilcoxon (SPSS 27.0). Dados expressos com média \pm desvio padrão. * valores significativos $p < 0.05$. IMC = Índice de massa corporal. RCQ = Relação cintura-quadril.

Tabela 3 - Valores da temperatura (graus) nos 12 pontos do pé usando a câmera termográfica nos grupos controle (GC) e grupo seletivo (GS), nos momentos pré e pós exercícios.

Item	Grupo	PRÉ	PÓS	p
PONTO 1	CONTROLE	26.414(2.275)	26.233(2.331)	0.121
	INTERVENÇÃO	27.133(1.545)	25.626(2.019)	<0.001*
	p	0.008*	0.056*	
PONTO 2	CONTROLE	26.617(2.064)	26.019(1.877)	0.005*
	INTERVENÇÃO	27.229(1.646)	25.957(2.024)	<0.001*
	p	0.037*	0.513	
PONTO 3	CONTROLE	26.784(1.785)	26.536(1.811)	0.095
	INTERVENÇÃO	27.159(1.815)	26.004(1.983)	<0.001*
	p	0.229	0.018*	
PONTO 4	CONTROLE	26.750(2.181)	26.459(1.662)	0.098
	INTERVENÇÃO	27.182(1.974)	26.189(1.877)	<0.001*
	p	0.347	0.086	
PONTO 5	CONTROLE	26.557(2.517)	26.241(1.773)	0.110
	INTERVENÇÃO	27.020(1.548)	25.903(1.946)	<0.001*
	p	0.327	0.034*	
PONTO 6	CONTROLE	26.330(1.669)	25.815(1.948)	0.034*
	INTERVENÇÃO	26.515(1.422)	25.278(1.990)	<0.001*
	p	0.522	0.006*	
PONTO 7	CONTROLE	27.276(2.223)	27.062(1.667)	0.424
	INTERVENÇÃO	27.550(1.696)	26.766(1.696)	<0.001*
	p	0.457	0.063	
PONTO 8	CONTROLE	28.371(1.879)	28.215(1.543)	0.967
	INTERVENÇÃO	28.453(1.456)	28.000(1.543)	0.070
	p	0.617	0.194	
PONTO 9	CONTROLE	28.121(1.633)	27.724(1.308)	0.035*
	INTERVENÇÃO	27.966(1.473)	27.562(1.516)	0.001*
	p	0.581	0.215	
PONTO 10	CONTROLE	28.030(1.867)	27.773(1.428)	0.141
	INTERVENÇÃO	28.106(1.516)	27.398(1.477)	<0.001*
	p	0.769	0.096	
PONTO 11	CONTROLE	27.800(2.370)	28.894(1.004)	<0.001*
	INTERVENÇÃO	28.044(1.429)	28.704(1.429)	<0.001*
	p	0.432	0.367	
PONTO 12	CONTROLE	27.580(1.909)	26.995(1.721)	0.004*
	INTERVENÇÃO	27.351(1.626)	26.656(1.796)	<0.001*
	p	0.358	0.068	

Teste de Wilcoxon (SPSS 27.0). Dados expressos com média \pm desvio padrão. * valores significativos $p < 0.05$.

Tabela 4 – Valores da oximetria dos dedos dos pés nos grupos controle (GC) e grupo seletivo (GS), nos momentos pré e pós exercícios.

Dedo	Lado	Grupo	PRÉ	PÓS	p
DEDO 1	D	CONTROLE	92.243(7.917)	91.440(8.428)	0.852
		INTERVENÇÃO	92.347(7.586)	90.431(7.767)	0.253
		p	0.784	0.739	
	E	CONTROLE	90.987(8.394)	92.169(8.313)	0.284
		INTERVENÇÃO	91.569(8.871)	91.307(8.530)	0.894
		p	0.353	0.322	
DEDO 2	D	CONTROLE	91.901(7.893)	91.627(8.817)	0.573
		INTERVENÇÃO	93.197(4.833)	91.038(6.558)	0.010*
		p	0.567	0.537	
	E	CONTROLE	91.227(8.484)	92.400(6.740)	0.436
		INTERVENÇÃO	91.236(9.104)	89.711(9.908)	0.342
		p	0.638	0.077	
DEDO 3	D	CONTROLE	92.444(7.224)	92.258(6.501)	0.972
		INTERVENÇÃO	93.314(6.118)	91.686(7.814)	0.319
		p	0.370	0.901	
	E	CONTROLE	90.927(9.156)	92.271(7.425)	0.029*
		INTERVENÇÃO	92.569(8.104)	92.750(6.668)	0.861
		p	0.070	0.560	
DEDO 4	D	CONTROLE	90.575(9.291)	91.258(7.939)	0.443
		INTERVENÇÃO	91.602(8.168)	90.140(8.437)	0.043*
		p	0.807	0.218	
	E	CONTROLE	90.109(9.505)	92.344(7.801)	0.015*
		INTERVENÇÃO	90.371(9.368)	91.060(8.615)	0.563
		p	0.853	0.441	
DEDO 5	D	CONTROLE	89.608(8.250)	90.339(7.274)	0.983
		INTERVENÇÃO	89.109(8.894)	89.020(8.704)	0.952
		p	0.384	0.742	
	E	CONTROLE	88.222(9.317)	86.625(10.132)	0.524
		INTERVENÇÃO	87.530(10.772)	88.408(9.995)	0.639
		p	0.840	0.419	

Teste de Wilcoxon (SPSS 27.0). Dados expressos com média ± desvio padrão. * valores significativos p<0.05. D = direito; E= esquerdo.

Tabela 5 - Valores térmicos (graus) dos voluntários dos grupos controle (GC) e grupo seletivo (GS), nos momentos pré e pós-intervenção.

Item	Grupo	PRÉ	PÓS	p
T.AMB	CONTROLE	18.189(4.026)	19.447(3.915)	0.137
	INTERVENÇÃO	19.250(2.747)	19.718(3.503)	0.537
	p	0.015*	0.918	
T.CORP	CONTROLE	28.513(3.228)	29.307(2.754)	0.287
	INTERVENÇÃO	30.483(1.524)	29.875(2.599)	0.302
	p	0.002*	0.311	

Teste de Wilcoxon (spss 27.0). Dados expressos com média ± desvio padrão. * valores significativos p<0.05. T.AMB = temperatura ambiente; T.CORP = temperatura corporal.

Tabela 6 – Avaliação dos parâmetros da baropodometria nos grupos controle (GC) e grupo seletivo (GS), nos momentos pré e pós intervenção.

Parâmetros	Olhos	Lado	Grupo	PRÉ	PÓS	p
PMED	ABERTOS	D	CONTROLE	0.239(0.056)	0.253(0.055)	0.013*
			INTERVENÇÃO	0.246(0.049)	0.260(0.048)	0.018*
			p	0.276	0.159	
		E	CONTROLE	0.272(0.062)	0.294(0.072)	0.002*
			INTERVENÇÃO	0.268(0.053)	0.299(0.067)	<0.001*
			p	0.421	0.548	
	FECHADOS	D	CONTROLE	0.233(0.051)	0.238(0.043)	0.500
			INTERVENÇÃO	0.247(0.046)	0.249(0.047)	0.811
			p	0.030*	0.071	
		E	CONTROLE	0.275(0.066)	0.279(0.064)	0.724
			INTERVENÇÃO	0.285(0.727)	0.288(0.059)	0.409
			p	0.287	0.099	
PMAX	ABERTOS	D	CONTROLE	0.804(0.271)	0.809(0.190)	0.970
			INTERVENÇÃO	0.817(0.274)	0.836(0.177)	0.880
			p	0.554	0.271	
		E	CONTROLE	0.842(0.284)	0.845(0.192)	0.686
			INTERVENÇÃO	0.840(0.277)	0.850(0.174)	0.842
			p	0.784	0.991	
	FECHADOS	D	CONTROLE	0.779(0.288)	0.757(0.149)	0.884
			INTERVENÇÃO	0.817(0.273)	0.755(0.134)	0.133
			p	0.296	0.948	
		E	CONTROLE	0.844(0.300)	0.814(0.178)	0.438
			INTERVENÇÃO	0.871(0.314)	0.836(0.203)	0.595
			p	0.657	0.363	
LAT_OSC	ABERTOS	D	CONTROLE	0.811(0.417)	0.718(0.411)	0.145
			INTERVENÇÃO	0.879(0.487)	0.716(0.464)	0.005*
			p	0.309	0.917	
		E	CONTROLE	0.707(0.421)	0.921(0.415)	0.844
			INTERVENÇÃO	0.665(0.429)	0.492(0.288)	<0.001*
			p	0.515	0.007*	
	FECHADOS	COP	CONTROLE	2,827(1.387)	2.311(0.902)	0.004*
			INTERVENÇÃO	2.774(1.693)	2.221(0.866)	<0.001*
			p	0.539	0.600	
		D	CONTROLE	0.690(0.368)	0.679(0.389)	0.189
			INTERVENÇÃO	0.642(0.311)	0.664(0.471)	0.999
			p	0.479	0.413	
AP	ABERTOS	E	CONTROLE	0.461(0.187)	0.846(0.475)	<0.001*
			INTERVENÇÃO	0.431(0.159)	0.601(0.415)	0.002*
			p	0.135	0.022*	
		COP	CONTROLE	1.1788(0.620)	1.759(0.752)	0.438
			INTERVENÇÃO	1.704(0.714)	1.791(0.842)	0.017*
			p	0.273	0.537	
	D	CONTROLE	3.461(1.285)	2.798(0.822)	<0.001*	
		INTERVENÇÃO	3.219(1.188)	2.763(0.662)	0.005*	

		p	0.102	0.567	
		CONTROLE	3.339(1.239)	2.657(0.844)	<0.001*
	E	INTERVENÇÃO	3.595(1.374)	2.748(1.041)	<0.001*
		p	0.173	0.851	
		CONTROLE	3.244(1.325)	2.526(0.779)	<0.001*
	COP	INTERVENÇÃO	3.100(1.232)	2.612(0.739)	<0.001*
		p	0.333	0.459	
		CONTROLE	3.028(1.087)	3.014(0.872)	0.324
	D	INTERVENÇÃO	2.977(0.938)	2.854(0.836)	0.409
		p	0.584	0.237	
		CONTROLE	3.070(1.084)	2.953(0.944)	0.387
	FECHADOS E	INTERVENÇÃO	3.188(0.792)	2.959(0.781)	0.089
		p	0.190	0.989	
		CONTROLE	2.891(0.873)	2.847(0.875)	0.458
	COP	INTERVENÇÃO	2.956(0.713)	2.792(0.701)	0.091
		p	0.545	0.465	
		CONTROLE	3.368(2.541)	3.190(2.205)	0.874
	D	INTERVENÇÃO	3.338(2.379)	1.963(1.884)	<0.001*
		p	0.887	0.089	
		CONTROLE	2.941(2.703)	3.661(1.895)	0.568
	ABERTOS E	INTERVENÇÃO	3.752(2.527)	1.199(1.010)	<0.001*
		p	0.293	<0.001*	
		CONTROLE	9.256(6.123)	5.182(3.523)	<0.001*
	COP	INTERVENÇÃO	9.481(6.268)	4.976(3.153)	<0.001*
		p	0.825	0.386	
		CONTROLE	2.007(1.556)	1.910(1.594)	0.148
	D	INTERVENÇÃO	1.922(1.594)	1.744(1.609)	0.260
		p	0.639	0.306	
		CONTROLE	1.536(1.086)	1.510(1.094)	0.663
	FECHADOS E	INTERVENÇÃO	1.422(0.920)	1.574(1.078)	0.277
		p	0.436	0.819	
		CONTROLE	4.709(2.939)	4.499(3.403)	0.411
	COP	INTERVENÇÃO	4.673(2.993)	4.218(2.849)	0.249
		p	0.867	0.433	

Teste de Wilcoxon (SPSS 27.0). Dados expressos com média \pm desvio padrão. * valores significativos $p < 0.05$. PMED = pressão média (Kgf/cm²); PMAX = pressão máxima (Kgf/cm²); LAT_OSC = oscilação lateral (cm); AP = deslocamento ântero-posterior (cm); ÁREA = superfície (cm²). D = direito; E= esquerdo; COP = centro de pressão.

Destques

- O Fortalecimento da musculatura intrínseca dos pés promove melhora no equilíbrio postural.
- O exercício com resistência elástica obteve melhores resultados.
- A temperatura dos pés diminuiu após os exercícios.

3.4 ARTIGO 4

ANÁLISE DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS PARA OS PÉS EM VOLUNTÁRIOS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2 SOBRE A PERCEPÇÃO DE NEUROPATIA E AUTOCUIDADO: ESTUDO CLÍNICO RANDOMIZADO CONTROLADO CROSS-OVER

RESUMO

Introdução: O Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) comumente pode induzir a neuropatia e consequente redução da força muscular. **Objetivo:** Avaliar os efeitos de dois protocolos de fortalecimento para os pés sobre os sintomas neuropáticos e as atividades de autocuidado de pessoas com diagnóstico de DM2. **Método:** Este estudo crossover avaliou 109 voluntários com DM2 que foram divididos em grupo controle (GC) e grupo intervenção (GI) e após washout os grupos foram invertidos. Os grupos realizaram 20 sessões de exercícios por 30 minutos três vezes na semana para fortalecimento da musculatura intrínseca dos pés. A avaliação se deu por meio dos escores de sintomas e comprometimento neuropático, associado ao questionário de atividades de autocuidado. **Resultados:** Houve diminuição dos itens do Escore de Sintomas Neuropáticos, aumento da percepção das sensações no Escore de Comprometimento Neuropático e mudança na consciência do autocuidado no Questionário de Autocuidado em Diabetes após exercícios de fortalecimento para os pés. **Conclusão:** O fortalecimento da musculatura intrínseca dos pododáctilos melhorou os sintomas neuropáticos, a percepção desses sintomas e o autocuidado nos voluntários com DM2 participantes do estudo, o que pode prevenir lesões nos pés.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus tipo 2, Inquéritos e Questionários, Exercício Físico.

ABSTRACT

Introduction: Type 2 Diabetes Mellitus (DM2) can commonly induce neuropathy and a consequent reduction in muscle strength. **Objective:** To evaluate the effects of two foot strengthening protocols on neuropathic symptoms and self-care activities in people diagnosed with DM2. **Method:** This crossover study evaluated 109 volunteers with

DM2 who were divided into a control group and an intervention group and after washout the groups were reversed. The groups performed 20 exercise sessions for 30 minutes three times a week to strengthen the intrinsic muscles of the feet. The assessment took place using symptom scores and neuropathic impairment, associated with the self-care activities questionnaire. Results: There was a decrease in the items in the Neuropathic Symptom Score, an increase in the perception of sensations in the Neuropathic Impairment Score and a change in self-care awareness in the Diabetes Self-Care Questionnaire after strengthening exercises for the feet. Conclusion: Strengthening the intrinsic muscles of the toes improved neuropathic symptoms, the perception of these symptoms and self-care in volunteers with DM2 participating in the study, which can prevent foot injuries.

Keywords: Diabetes Mellitus Type 2, Surveys and Questionnaires, Exercise

INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) é um dos problemas de saúde mais desafiadores do século 21. Sua prevalência está aumentando em todo o mundo de cerca de 30 milhões em 1985 para 150 milhões em 2000, 171 milhões em 2007, e esperados 366 milhões em 2030 (Wild *et al.*, 2004).

O cuidado é fundamental no controle da doença e a pessoa com DM2 é a principal responsável por desempenhar, diariamente, atividades relacionadas ao tratamento (Anderson; Funnell, 2020). A intervenção individual, por meio de consultas semestrais a pessoas com DM2, favorece o esclarecimento de dúvidas, a aquisição de conhecimentos sobre a doença e a diminuição do seu impacto sobre a qualidade de vida da pessoa. E ao adicionarem-se ações de educação para a saúde em grupo a essas consultas, além de favorecer a aquisição de conhecimento, observa-se também a ocorrência de maior adesão a práticas de autocuidado (Imazu *et al.*, 2015).

A neuropatia diabética é considerada uma complicação do DM2, a qual compromete os nervos periféricos das extremidades, como pés e mãos. Os sintomas mais comuns são formigamentos, câibras, fraqueza muscular, dor, falta de sensibilidade no local, redução da coordenação, do equilíbrio e dos reflexos (American Diabetes Association, 2022). Sua incidência em pacientes recém diagnosticados é de

2% ao ano. Nos pacientes que possuem mais tempo da doença estes valores variam entre 6% a 10% ao ano. Quanto à prevalência encontra-se na faixa de 13% a 47% (Nunes *et al.*, 2021).

As alterações da musculatura intrínseca do pé de pessoas com DM2 é um problema prevalente. Caracteriza-se por limitação de mobilidade das articulações do pé e tornozelo e alteração na pressão plantar durante a marcha, desequilíbrio entre a musculatura flexora e extensora, e instabilidade postural (lunes *et al.*, 2014). Além disso, ocorre acentuada fraqueza da musculatura intrínseca do pé, a qual representa um fator de risco para o desenvolvimento de úlceras plantares (Bus *et al.*, 2002). Nesse sentido, a utilização de exercícios poderia contribuir e diminuir a perda progressiva da sensibilidade vibratória, térmica, tátil e proprioceptiva (Sartor *et al.*, 2012).

O uso dos escores dos sintomas neuropáticos em pacientes diabéticos contribui para o diagnóstico precoce da neuropatia diabética (Santos *et al.*, 2015). Ao detectar a doença precocemente é possível estabelecer o tratamento mais eficaz para a condição clínica do paciente e a adoção de medidas socioeducativas (Rolim *et al.*, 2023). Estas ações refletem consequentemente na redução da taxa de amputações e na melhora da qualidade de vida desta população (Santos *et al.*, 2015).

Diante do exposto o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de dois protocolos de exercícios de fortalecimento para os pés sobre os sintomas neuropáticos e as atividades de autocuidado de pessoas com diagnóstico de DM2.

METODOLOGIA

Estudo cruzado randomizado com voluntários portadores de DM2 realizado no período de abril/2021 a agosto/2023.

Os voluntários elegíveis foram provenientes de uma unidade do Programa Saúde da Família do município de Poço Fundo/MG - Brasil.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas/MG (CAAE: 36899320.7.0000.5142) e registrado na plataforma de Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC - RBR-2fww6v). Todos os voluntários foram esclarecidos quanto aos objetivos e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE .

Foram considerados critérios de inclusão: indivíduos com diagnóstico de DM2,

conforme os critérios da American Diabetes Association, entre 20 e 90 anos de idade, de ambos os sexos, em tratamento dietoterápico ou com antidiabéticos orais (Alberti & Zimmet 1998) e assinatura do TCLE. Foram excluídos indivíduos com DM2 com risco muito elevado, ou seja, aqueles com úlceras e/ou amputações prévias, diagnóstico clínico de hemiplegia, paraplegia, ou doença de Parkinson; amputação do membro; uma história de álcool ou drogas; uma hérnia de disco; lepra; artrite grave que impede a marcha; demência; deficiência intelectual; e outros transtornos psiquiátricos (lunes *et al.* 2014).

Foram convidados 116 voluntários, destes, 109 realizaram o seguimento, conforme descrito na figura 1.

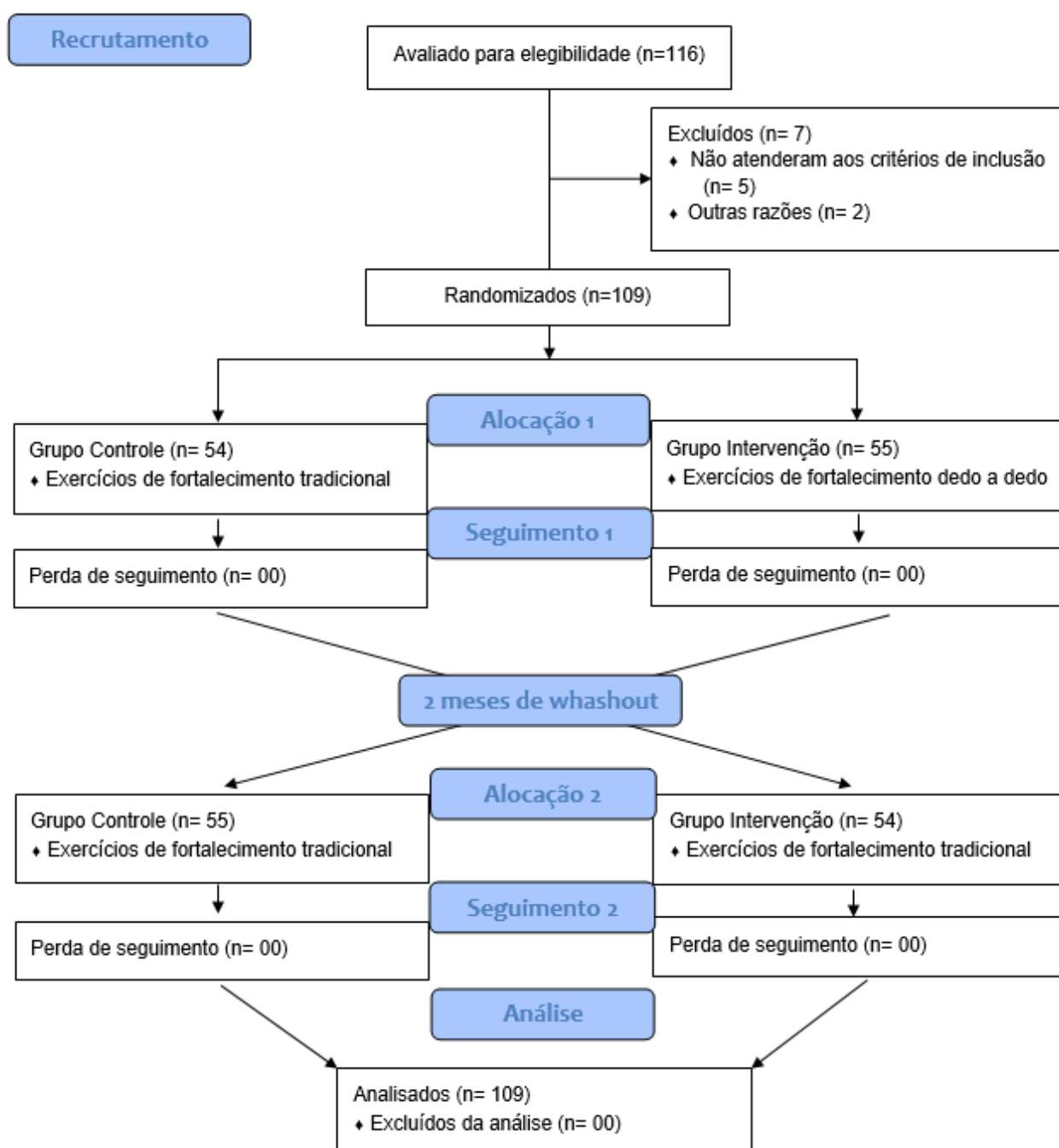


Figura 1: Fluxograma CONSORT.

AValiação

Os voluntários elegíveis foram submetidos quatro avaliações: duas previamente aos tratamentos e duas ao finalizarem o tratamento. A avaliação inicial constou de dados para coleta de indicadores como dados antropométricos, tais como altura, peso e relação cintura-quadril.

Foi aplicado o escore de sintomas neuropáticos (ESN) e o escore de

comprometimento neuropático (ECN) que permitem avaliar os sintomas neurológicos como: fraqueza muscular, distúrbios sensitivos e sintomas autonômicos (Moreira *et al.*, 2005). O ESN possui seis perguntas sobre sintomas neuropáticos, pontua as respostas dando um escore total de 3–4 em sintomas leves, 5–6 sintomas moderados e 7–9 sintomas graves de neuropatia diabética. O ECN permite avaliação reflexa e da sensibilidade vibratória, dolorosa e térmica. A sensibilidade avaliada é pontuada em presente (0), reduzida/ausente (1) e os reflexos como (0) se normal, se presente com reforço ou (2) se ausente, para cada lado.

Em seguida os voluntários responderam ao Questionário de Atividades de autocuidado com o Diabetes (QAD). Este questionário possui seis dimensões e 15 itens de avaliação do autocuidado com o diabetes: “alimentação geral” (dois itens), “alimentação específica” (três itens), “atividade física” (dois itens), “monitorização da glicemia” (dois itens), “cuidado com os pés” (três itens) e “uso da medicação” (três itens, utilizados de acordo com o esquema medicamentoso). Além disso, possui outros três itens para a avaliação do tabagismo. Quando avaliados, os voluntários relatam com que frequência eles realizaram as atividades ou os comportamentos nos sete dias anteriores (Michels *et al.*, 2010; Gomides *et al.*, 2013).

Após a avaliação, os voluntários foram randomizados por randomização simples em dois grupos: Grupo Intervenção (GI = 55) e Grupo Controle (GC = 54). Após um período de washout de 2 meses, as intervenções foram cruzadas.

O GI recebeu um protocolo de exercícios para o fortalecimento da musculatura flexora intrínseca e extrínseca do pé por meio do fortalecimento muscular seletivo dedo a dedo em que o voluntário por meio de um tubo elástico (látex) de 0,4m de comprimento e diâmetro 0,005m realizava o movimento isolado de cada artelho. Os voluntários foram orientados a tensionarem o elástico até a promoção de resistência e em seguida realizar o movimento de flexão de cada dedo do pé. No GC os voluntários realizaram o fortalecimento da musculatura intrínseca e extrínseca dos pés de forma tradicional conforme o protocolo proposto por lunes *et al.* (2014). Ambos os grupos realizavam os exercícios em três séries de 10 repetições com um minuto de descanso entre as séries.

ANÁLISE DE DADOS

A análise estatística foi realizada por meio do programa estatístico SPSS versão

27.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) considerando o nível de significância de 5%. O estudo piloto foi conduzido com uma amostra de 15 participantes, e com base nos resultados obtidos foi calculado o tamanho amostral de 109 voluntários. A análise descritiva foi apresentada em média e desvio padrão (DP). Os dados não apresentaram distribuição normal sendo comparados por teste de Wilcoxon.

RESULTADOS

A média de idade dos voluntários participantes deste estudo foi de 63,7 anos, 73,8% eram do sexo feminino e 82% eram destros.

As características antropométricas estão descritas na tabela 1. Houve diminuição do IMC de ambos os grupos e aumento do RCQ no GC com significância estatística. Quando comparados os dois grupos após o protocolo de exercícios, observa-se diferença estatística nos dados de IMC e RCQ.

Tabela 1 – Características antropométricas dos voluntários do grupo controle (GC) e grupo intervenção (GI) pré e pós um programa de exercícios.

		GC			p	GI			GC vx GI
		MÉDIA	DP			MÉDIA	DP	p	p
IMC	pré	29.51	10.03	0.002*	pré	28.89	5.14	<0.001*	0.041*
	pós	27.64	3.92		pós	27.93	3.42		
RCQ	pré	0.91	0.07	0.011*	pré	0.92	0.05	0.474	0.004*
	pós	0.93	0.06		pós	0.90	0.13		

Nota: Teste de Wilcoxon (SPSS 2.0) para análise pré (AV 1) versus pós (AV 2) ($p < 0,05$). Desvio Padrão = DP. IMC = índice de massa corporal; RCQ = relação cintura/quadril; GC = grupo controle; GI = grupo intervenção.

Os resultados dos Escore de Sintomas Neuropáticos e de Comprometimento Neuropático estão descritos na tabela 2. Os sintomas neuropáticos mostraram um score abaixo de quatro, o que representa a presença de sintomas leves. O Escore de Comprometimento Neuropático apresentou aumento dos escores no GI mas sem comprometimento neuropático.

A comparação dos escores dos grupos GC e GI após os exercícios apresentam significância estatística apenas entre os escores de comprometimento neuropático.

Tabela 2 - Valores de média, desvio padrão e valor de p dos Escore de Sintomas Neuropáticos (ESN) e Escore de Comprometimento Neuropático (ECN) no GC e GI pré e pós um programa de exercícios e comparação entre os grupos após os exercícios.

SCORE	GC			GI			GC vx GI
	MÉDIA	DP	p	MÉDIA	DP	p	p
ESN	pré	3.89	2.69	pré	3.59	2.49	<0.001*
	pós	2.70	2.29	pós	2.29	1.94	
ECN	pré	0.25	0.63	pré	0.25	0.59	<0.001*
	pós	0.21	0.60	pós	0.39	0.80	

Nota: Teste de Wilcoxon (SPSS 2.0) para análise pré (AV 1) versus pós (AV 2) ($p < 0,05$). Desvio Padrão = DP; ESN = escore de sintomas neuropáticos; ECN = escore de comprometimento neuropático; GC = grupo controle; GI = grupo intervenção.

A tabela 3 refere-se aos valores em porcentagem (%) de cada item do Escore de Sintomas Neuropáticos de cada grupo antes e após os exercícios propostos. Os voluntários que não apresentavam sintomas aumentaram em ambos os grupos após o protocolo de exercícios, sendo no GC de 29,76% para 48,27% e no GI de 33,33% para 54,71%. Entre os sintomáticos, no GC 70,24% dos entrevistados apresentaram sintomas antes dos exercícios, já no GI foram 66,67%. Após os exercícios 51,73% dos entrevistados no GC e 45,29% no GI ainda apresentavam sintomas. Foi observado uma redução significativa após atividade proposta. No item 2 do questionário que descreve a sensação que mais incomoda os voluntários, observamos diminuição significativa no GI após os exercícios. Os pés continuaram liderando a localização dos sintomas. Foi observado que a intensidade dos sintomas durante a noite (tópico com a pontuação maior nesse item) diminuiu no GC e aumentou no GI. Houve um aumento da porcentagem de indivíduos que não acordavam durante a noite com os sintomas e, entre as manobras realizadas pelos voluntários para diminuir os sintomas, sentar ou deitar (item que não obtinha pontuação) atingiu maior porcentagem.

Tabela 3 - Valores em porcentagem de cada item do Escore de Sintomas Neuropáticos antes e após o programa de exercícios

ITEM		GC		GI	
		%		%	
1. O senhor(a) tem experimentado dor ou desconforto nas pernas?	Se NÃO, interromper a avaliação	pré	29.76	pré	33.33
		pós	48.27	pós	54.71
	Se SIM, continuar a avaliação	pré	70.24	pré	66.67
		pós	51.73	pós	45.29
2. Que tipo de sensação mais te incomoda?	Queimação, dormência ou formigamento	pré	66.10	pré	54.00
		pós	66.66	pós	21.75
	Fadiga, câimbra ou prurido	pré	55.93	pré	54.00
		pós	40.00	pós	20.83
3. Qual a localização mais frequente desse(a) (sintoma descrito)?	Pés	pré	55.93	pré	58.00
		pós	63.33	pós	58.33
	Panturrilha	pré	52.54	pré	50.00
		pós	36.66	pós	41.66
	Outra localização	pré	22.03	pré	12.00
		pós	10.00	pós	12.50
4. Existe alguma hora do dia em que este(a) (sintoma descrito) aumenta de intensidade?	Durante a noite	pré	25.42	pré	36.00
		pós	30.00	pós	37.50
	Durante o dia e a noite	pré	40.67	pré	34.00
		pós	33.33	pós	33.33
	Apenas durante o dia	pré	32.20	pré	30.00
		pós	20.00	pós	29.16
5. Este(a) (sintoma descrito) já o(a) acordou durante a noite?	Sim	pré	54.23	pré	42.00
		pós	46.66	pós	33.33
	Não	pré	40.67	pré	54.00
		pós	53.33	pós	54.16
6. Alguma manobra que o(a) senhor(a) o realiza é capaz de diminuir este(a) (sintoma descrito)?	Andar	pré	33.89	pré	24.00
		pós	30.00	pós	20.83
	Ficar de pé	pré	16.94	pré	12.00
		pós	13.33	pós	8.33
	Sentar ou deitar	pré	54.23	pré	50.00
		pós	60.00	pós	54.16

Nota: Valores em porcentagem (%) para análise pré (AV 1) versus pós (AV 2). GC = grupo controle; GI = grupo intervenção.

A Tabela 4 refere-se aos dados do questionário de autocuidado em Diabetes. Nota-se prevalência de alterações significativas no GI. Quando comparados os grupos após os exercícios, apenas os itens 1.1 (seguimento de dieta saudável), 2.2 (ingestão

de alimentos ricos em gorduras) e 2.3 (ingestão de doces) não obtiveram diferença estatística.

Tabela 4 - Valores de média (em dias por semana), desvio padrão e valor de p dos parâmetros do Questionário de Atividades de Autocuidado em Diabetes (QAD) no GC e GI pré e pós um programa de exercícios.

	ITEM	GC			GI			GC vx GI	
		MÉDIA	DP	p	MÉDIA	DP	p	p	
1.1	pré	5.280	1.978	0.107	pré	4.398	1.911	0.207	0.124
	pós	5.558	1.534		pós	4.469	1.401		
1.2	pré	3.366	2.791	0.316	pré	3.059	2.430	0.032*	0.006*
	pós	3.198	2.470		pós	3.878	2.057		
2.1	pré	4.901	2.410	0.015*	pré	5.059	1.811	0.001*	0.005*
	pós	5.770	1.557		pós	5.429	1.452		
2.2	pré	3.757	2.440	0.070	pré	3.809	2.362	0.773	0.229
	pós	3.180	2.078		pós	3.100	1.935		
2.3	pré	1.803	1.860	0.271	pré	1.838	1.779	0.000*	0.454
	pós	1.491	1.359		pós	1.489	1.415		
3.1	pré	2.049	2.311	0.917	pré	2.457	2.378	0.000*	<0.001*
	pós	2.000	1.829		pós	2.691	1.882		
3.2	pré	1.890	2.284	0.928	pré	2.309	2.335	0.000*	<0.001*
	pós	1.819	1.791		pós	2.469	1.892		
4.1	pré	1.086	1.532	0.604	pré	1.411	1.626	0.000*	<0.001*
	pós	1.000	1.279		pós	1.080	1.140		
4.2	pré	0.901	1.379	0.126	pré	1.559	1.762	0.000*	<0.001*
	pós	0.950	1.289		pós	1.020	1.070		
5.1	pré	5.208	6.795	0.823	pré	4.411	2.435	0.085	<0.001*
	pós	5.099	2.092		pós	6.161	6.493		
5.2	pré	4.633	2.758	0.000*	pré	5.118	2.324	0.001*	0.007*
	pós	5.932	1.818		pós	5.550	1.887		
5.3	pré	5.586	2.377	0.000*	pré	5.911	1.928	0.000*	<0.001*
	pós	6.572	1.179		pós	5.878	1.617		
6.1	pré	7.268	6.211	0.000*	pré	6.559	1.308	0.000*	<0.001*
	pós	6.657	1.127		pós	8.100	6.027		
6.2	pré	0.621	1.692	0.787	pré	0.512	1.404	0.000*	<0.001*
	pós	0.342	1.127		pós	0.429	1.125		
6.3	pré	6.280	1.790	0.000*	pré	6.572	1.301	0.000*	<0.001*
	pós	6.887	0.661		pós	6.838	0.668		

Nota: Teste de Wilcoxon (SPSS 20.0) para análise pré (AV 1) versus pós (AV 2) ($p < 0,05$). Desvio Padrão = DP. GC = grupo controle; GI = grupo intervenção.

DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou os efeitos de dois protocolos de exercícios de fortalecimento para os pés sobre os sintomas neuropáticos e as atividades de autocuidado de pessoas com diagnóstico de DM2.

As principais intervenções para controle do diabetes estão voltadas à mudança no estilo de vida do indivíduo (Costa *et al.*, 2023). Ações educativas, desenvolvidas por profissionais de saúde junto aos indivíduos, às famílias e comunidade, são fundamentais para o controle dessa enfermidade, pois as complicações decorrentes do diabetes estão diretamente relacionadas ao conhecimento sobre a doença, considerando-se que este subsidia a realização do autocuidado diário e adoção de um estilo de vida mais saudável (Imazu, 2015). Neste estudo, os voluntários foram orientados a realizarem a prática de exercícios domiciliares, sendo possível identificar melhora nos sintomas neuropáticos com a prática de ambos os protocolos de exercícios.

Andrade *et al.* (2023) constatou em seu estudo sintomas de comprometimento neuropático de moderado (31%) a grave (23%). Um estudo realizado na Índia (Vibha *et al.*, 2018) apontou que a maioria dos participantes possuía classificação acima de grau 1 e identificou uma relação importante entre sinais de comprometimento neuropático e amputação de membros. A investigação da classificação de risco é um importante método diagnóstico, no entanto, tendo em vista que nenhum prognóstico relacionado ao pé diabético deve ser obtido com base unicamente no sistema de classificação (Santos *et al.*, 2015b), essa relação encontrada torna-se importante para determinação de ações em saúde voltadas às pessoas com DM. Em nosso estudo, no ESN quando especificado cada item nota-se uma diminuição dos sintomas após a prática dos exercícios propostos, embora a maioria dos participantes não apresentaram, no momento do exame, escores graves ou moderados para comprometimento neuropático. Foi possível observar que os participantes já percebiam alguma sensação ou alteração característica de neuropatia diabética. Este achado destaca a importância do autocuidado e do monitoramento do portador de Diabetes. Andrade *et al.* (2023) observaram em seu estudo que queimação, dormência ou formigamento foram os sintomas de maior prevalência assemelhando-se aos nossos resultados.

Em nosso estudo observamos que a média dos escores de ESN foram abaixo que 4 antes da realização dos exercícios (GC = 3,98 e GI = 3,59) já indicando sintomas leves. Esses escores diminuíram com as intervenções adotadas independentemente do tipo

de exercício realizado (GC = 2,70 e GI = 2,29) revelando que os exercícios para a musculatura intrínseca dos pés melhoraram os sintomas neuropáticos.

No ECN é verificado a sensibilidade dos pés dos participantes (dolorosa, térmica e vibratória) e a avaliação dos reflexos tendíneos. Nossos resultados apresentaram aumento dos escores no GI mas sem comprometimento neuropático, achados similares foram identificado por outros autores (Toledo & Ferreira, 2024). As sensações vibratória, dolorosa e térmica do hálux bilateralmente estava presente na grande maioria dos voluntários avaliados. Após os exercícios as sensações foram mais sentidas e percebidas exceto a sensação vibratória do GI e térmica do GC mas sem relevância.

A prática de atividade física regular é tida como um dos principais pilares no tratamento da doença. Todavia, a aderência a atividade física é pouco caracterizado, o que compromete a aquisição de benefícios que são extremamente importantes para a saúde como a redução da morbidade e da mortalidade (Jarvie *et al.*, 2019). Neste estudo os voluntários realizaram os exercícios em seus domicílios, portanto sem a supervisão de um profissional.

Percebemos a mudança na compreensão do cuidado dos voluntários frente ao DM com a aplicação do Questionário de Autocuidado em Diabetes. Destaque para a aderência no GC nos itens sobre a alimentação geral, cuidado com os pés e ingestão do número de medicamentos indicado. No GI a evidência foi em relação a dieta saudável, alimentação específica, atividade física, exame dos calçados antes de calçá-los, tomada de medicamentos conforme recomendação médica e tomada do número indicado de comprimidos.

Quando comparados entre os grupos os resultados dos itens após a prática de exercícios notamos que houve diferença significativa na maioria dos itens, exceto sobre a alimentação saudável, a ingestão de alimentos ricos em gordura e a ingestão de doces.

Simon *et al.* (2023) observaram em seu estudo onde não houve reaplicação do questionário após alguma intervenção, uma variação considerável na frequência dos itens, sendo que o mínimo de adesão foi para a realização de atividades físicas específicas, sem incluir as atividades em casa ou no trabalho e o máximo de adesão foi para o uso de medicação do diabetes conforme o recomendado. No estudo de Silva *et al.* (2022) o QAD também não foi aplicado após alguma intervenção. Seus

resultados demonstram maior adesão dos voluntários em atividades relacionadas à ingestão de medicamentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados mostram que os exercícios para o fortalecimento da musculatura intrínseca dos pododáctilos foi um fator primordial para a mudança dos parâmetros avaliados. O fortalecimento dessa musculatura melhorou os sintomas neuropáticos, a percepção desses sintomas e o autocuidado nos voluntários com DM2 participantes do estudo, o que pode prevenir lesões nos pés.

REFERÊNCIAS

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes. **MedCare**, v. 50, n.5, p. S144-S174, jan. 2022.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Standards of medical care in diabetes. **DiaCare**, v. 35, n.3, p. S11-S63, fev. 2012.

ANDRADE, G. M. *et al.* Escores de neuropatia periférica em indivíduos com Diabetes na atenção básica. **Revista Brasileira De Saúde Funcional**, v. 11, n. 2, 2023.

ANDERSON, R. M.; FUNNELL, M. M. Patient empowerment: myths and misconceptions. **Patient Educ Couns**, v.79, n.3, p. 277-288, jun. 2010.

BITTENCOURT, L. F. S *et al.* Prevalência e perfil dos pacientes com neuropatia periférica diabética acompanhados por uma unidade de saúde. **Rev Interd**. São Paulo, v.11, n.2, p.47-55, abr. 2018.

BUS, S. A. *et al.* Intrinsic muscle atrophy and toe deformity in the diabetic neuropathic foot: a magnetic resonance imaging study. **DiaCare**, v.25, n.8, p. 1444-1450, ago. 2002.

DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Rev Interdiscip Ciênci Apl**, Blumenau, v.2, n.4, p. 01-13, set. 2008.

DEFRONZO, R. A.; BONADONNA, R. C.; FERRANNINI, E. Pathogenesis of NIDDM. A balanced overview. **DiaCare**, v.15, n.3, p. 318-368, mar. 1992.

FERREIRA, V. A.; CAMPOS, S. M. B. Avanços farmacológicos no tratamento do Diabetes tipo 2. **Braz J Surg Clin Res**, v. 8, n. 3, p. 72-78, set. 2014.

IMAZU, M. F. M *et al.* Efetividade das intervenções individual e em grupo junto a pessoas com diabetes tipo 2. **Rev. Lat-Am. Enferm.** São Paulo, v.23, n.2, p. 200-207, mar. 2015.

IUNES, D. H. *et al.* Self-care associated with home exercises in patients with Type 2 Diabetes Mellitus. **PLoS ONE.** São Paulo, v.9, n.12, p.50-58, Dec. 2014.

JARVIE, J. L. *et al.* Aerobic Fitness and Adherence to Guideline-Recommended Minimum Physical Activity Among Ambulatory Patients With Type 2 Diabetes Mellitus. **Diabetes Care**, v. 42, n. 7, p. 1333–1339, 2019.

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 Metab.** V. 49, n. 6, p. 944-50, 2005.

NASCIMENTO, O. J. M.; PUPE, C. C. B.; CAVALCANTI, E. B. U. Neuropatia Diabética. **Rev Dor.** São Paulo, v.17, n.1, p. 45-56, abr. 2016.

NUNES, A.C. *et al.* Estudo piloto da prevalência de neuropatia periférica em adultos diagnosticados com diabetes mellitus tipo 2 na atenção primária de Divinópolis. **Res Soc Dev.** São Paulo, v.10, n.11, p. 1-17, ago. 2021.

RIBEIRO D. R. *et al.* Prevalência de diabetes mellitus e hipertensão em idosos. **Revista Artigos.Com**, v. 14, e2132, 2020.

ROLIM, L. *et al.* Diagnóstico e tratamento da neuropatia diabética. **Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes**, 2023.

SANTOS, H.C *et al.* Escores de neuropatia periférica em diabéticos. **Rev Soc Bras Clin Med.** São Paulo, v.13, n.1, p. 40-45, 2015.

SANTOS, K. P. B. *et al.* Carga da doença para amputações de membros inferiores atribuíveis ao diabetes mellitus no estado de Santa Catarina. **Cad de Saúde Pública.** Santa Catarina, v.34, n.1, p. 1-7, mar. 2018.

SARTOR, C. D. *et al.* Effects of a combined strengthening, stretching and functional training program versus usual-care on gait biomechanics and foot function for diabetic neuropathy: a randomized controlled trial. **Musculoskeletal Disorders**, v.19, n.1, p. 13-36, mar. 2012.

COSTA, D. H. S. *et al.* Fatores associados à adesão ao tratamento em diabéticos, atendidos em núcleo do idoso de uma Universidade Pública do Nordeste. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, 5(3), 256–275, 2023.

SILVA, R. O. *et al.* Application of the Diabetes Self-Care Activities Questionnaire (SDSCA) during the COVID-19 pandemic. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 15, p. e35111537004, 2022.

SIMON, E. *et al.* Avaliação do autocuidado e análise do perfil de pacientes com Diabetes Mellitus em um serviço público de saúde do oeste do Paraná. **Revista Thêma et Scientia** –Vol. 13, no 1, jan/jun, 2023.

TOLEDO, Érica Mascarenhas; BARBOSA, Ana Claudia Honório. Análise comparativa entre a realização do exame dos pés de pessoas com diabetes e a utilização do aplicativo CARPeDIA para prevenção da úlcera do pé diabético. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. e7213144761, 2024.

TORRES L. M. *et al.* Hábitos alimentarios, estado nutricional y perfil lipídico en un grupo de pacientes con diabetes tipo 2. **Nutrición Clínica Y Dietética Hospitalaria**, 40(2), 135–142, 2020.

VIBHA S. P. *et al.* Community based study to assess the prevalence of diabetic foot syndrome and associated risk factors among people with diabetes mellitus. **BMC Endocr Disord**. 2018;18(1):43, 2018.

WILD, S. *et al.* Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. **DiaCare**, v.27, n.5, p. 1047-1057, mai. 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its complications. **Report of a WHO Consult**. Geneva: WHO, v.5., n.3, p. 203-209, mar. 1999.

ZATTAR, L. C. *et al.* Prevalência e fatores associados à pressão arterial elevada, seu conhecimento e tratamento em idosos no sul do Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 3, p. 507-521, mar, 2013.

ZEITZ, U. *et al.* Impaired insulin secretory capacity in mice lacking a functional vitamin D receptor. **The FASEB Journal**, v. 17, n. 3, p. 509-511, 2003.

3.5 ARTIGO 5

AVALIAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA MOTORA EM VOLUNTÁRIOS DIABÉTICOS APÓS TREINAMENTO DA MUSCULATURA INTRÍNSECA DOS PÉS: ESTUDO CLÍNICO RANDOMIZADO CONTROLADO CROSS-OVER

RESUMO

Introdução: Os diabéticos são mais propensos a condições ou doenças que alteram diretamente o equilíbrio postural. O uso da realidade virtual tem sido altamente explorado fornecendo aprendizagem motora e proporcionando feedback capaz de potencializar os processos de plasticidade e consequente recuperação motora funcional. Objetivo: Avaliar o tempo de resposta motora (*feedforward*) por meio do PhysioPlay® em voluntários diabéticos tipo 2 submetidos a um plano domiciliar de exercícios físicos. Método: 40 voluntários diabéticos randomizados em dois grupos, GC (fortalecimento tradicional) e GI (fortalecimento seletivo) realizaram 20 sessões de exercícios durante 30 minutos três vezes na semana para fortalecimento da musculatura intrínseca dos pés em domicílio. Cada sessão abrangia três séries de 10 repetições com um minuto de descanso entre as séries. Foi avaliado o movimento de abdução de quadril à 10° e 20° com olhos abertos e fechados em ambos os lados do corpo pelo software PhysioPlay® antes e após o treinamento muscular para fins de comparação. Resultados: No GC com os olhos abertos, houve diminuição do tempo na abdução do quadril direito com angulação de 10° e aumento no ângulo de 20°. Com os olhos fechados houve diminuição do tempo para atingir ambos os ângulos. No GI houve aumento do tempo de reação apenas no quadril direito à 10°. Conclusão: Houve alteração no tempo de resposta motora avaliado por meio do PhysioPlay® em voluntários diabéticos tipo 2 submetidos a exercícios domiciliares em alguns parâmetros analisados.

Palavras-chave: tempo de resposta motora, realidade virtual, Diabetes Mellitus.

ABSTRACT

Introduction: Diabetics are more prone to conditions or diseases that directly alter

postural balance. The use of virtual reality has been highly explored providing motor learning and providing feedback capable of enhancing plasticity processes and consequent functional motor recovery. Objective: To evaluate the motor response time (feedforward) using PhysioPlay® in type 2 diabetic volunteers undergoing a home physical exercise plan. Method: 40 diabetic volunteers randomized into two groups, CG (traditional strengthening) and GI (selective strengthening) performed 20 exercise sessions for 30 minutes three times a week to strengthen the intrinsic muscles of the feet at home. Each session comprised three sets of 10 repetitions with one minute of rest between sets. The hip abduction movement at 10° and 20° was evaluated with eyes open and closed on both sides of the body using the PhysioPlay® software before and after muscle training for comparison purposes. Results: In the CG with eyes open, there was a decrease in the time spent abducting the right hip with an angle of 10° and an increase in the angle of 20°. With eyes closed, the time to reach both angles was reduced. In GI, there was an increase in reaction time only in the direct hip at 10°. Conclusion: There was a change in the motor response time assessed using PhysioPlay® in type 2 diabetic volunteers undergoing home exercises in some analyzed parameters.

Keywords: motor response time, virtual reality, Diabetes Mellitus.

INTRODUÇÃO

O uso da Realidade Virtual (RV) para fins de avaliação e intervenção para melhora no nível de atividade física tem sido altamente explorado, sobretudo no que diz respeito à prevenção de alterações musculares, fornecimento de estímulo motor e cognitivo, além de melhora na incapacidade e qualidade de vida (Tossini *et al.*, 2017).

A RV é a simulação de um ambiente real gerado por um software de computador e experimentado pelo usuário através de uma interface homem-máquina. Essa interface permite que o paciente perceba o ambiente como real e 3D, ou seja, com a sensação de presença, aumentando seu envolvimento. Assim, a RV pode fornecer um treinamento repetitivo específico da tarefa, em vez de simplesmente usar um membro por acaso, que seja eficaz para as funções de aprendizagem motora e

proporcionar feedback capaz de potencializar os processos de plasticidade e consequente recuperação motora funcional (Calabrò *et al.*, 2017).

O sentido de posição articular (SPA) é a característica proprioceptiva mais avaliada em ensaios clínicos e a que oferece mais possibilidades de aplicação na prática clínica. A avaliação consiste em observar a precisão do reposicionamento articular em um ângulo alvo pré-determinado e calcular o erro em graus (Ferreira *et al.*, 2021).

Lafond e colaboradores (2004) demonstrou que pessoas com neuropatias diabéticas apresentam dificuldades no que diz respeito ao equilíbrio postural. Pessoas com Diabetes Mellitus (DM) são mais propensas a condições ou doenças que alteram diretamente o equilíbrio postural, além de acarretar limitação em atividades motoras em decorrência da perda de massa muscular, flexibilidade e integridade esquelética, assim como presença de neuropatias periféricas (Porto *et al.*, 2018).

Embora a neuropatia periférica seja geralmente considerada a principal causa da instabilidade corporal, existem algumas evidências de que o próprio DM, sob condições estressantes, também pode ter um impacto negativo no controle postural (Bonnet *et al.*, 2009; Centomo *et al.*, 2007).

Além disso, ocorre acentuada fraqueza da musculatura intrínseca do pé, a qual representa um fator de risco para o desenvolvimento de úlceras plantares (Bus *et al.*, 2002). Tais alterações podem contribuir para mudança no equilíbrio postural e reduzir o tempo de resposta motora a um determinado estímulo. A utilização de exercícios, podem contribuir e diminuir a perda progressiva da sensibilidade vibratória, térmica, tátil e proprioceptiva (Sartor *et al.*, 2012).

Porto *et al.* (2018) salientam em seu estudo, ser a DM uma desordem crônica que resulta da perturbação do metabolismo da glicose, causada por deficiência absoluta ou relativa de insulina onde a orelha interna destaca-se no corpo humano por sua intensa atividade metabólica. No entanto, a estrutura não possui reserva energética armazenada, o que faz com que pequenas variações de glicose no sangue influenciem no seu funcionamento, provocando alterações do equilíbrio. Verificou ainda em seu estudo que uma das causas mais frequentes de quedas foi o desequilíbrio corporal provocado por episódios de vertigem ou por tontura crônica, que pode estar também relacionado à neuropatia diabética periférica, a saber, uma das principais complicações que aparece com o tempo de evolução crônica do DM, e é caracterizada pela degeneração progressiva dos axônios das fibras nervosas.

A principal alteração eletrofisiológica na neuropatia diabética periférica é uma diminuição na amplitude das respostas sensitivas e motoras dos nervos periféricos. Entretanto, parece existir também uma ação desmielinizante pela hiperglicemia, o que leva à diminuição na velocidade de condução nervosa e outros achados eletroneuromiográficos. Pacientes portadores de neuropatias comprometendo fibras grandes apresentam principalmente ataxia e incoordenação. Como resultado, eles têm 17 vezes mais chances de quedas do que os controles não neuropáticos segundo Gagliardi (2003).

A propriocepção é um fator importante no processo de reabilitação de lesões musculoesqueléticas e na prevenção da recorrência dessas lesões (Fortier & Basset, 2012; Edouard *et al.*, 2014; Echalié *et al.*, 2019).

Em adição, a propriocepção atua como um importante mecanismo de transmissão de informações sensoriais com potencial de plasticidade neural, sendo bem aceita a relação entre percepção e transmissão sensorial e a expressão de representações em regiões primárias do cérebro responsáveis pelo sistema sensório-motor (Goble 2010; Findlater *et al.*, 2018).

O PhysioPlay® é um software desenvolvido pela Universidade Federal de Alfenas/MG - Brasil (Ferreira *et al.*, 2021) que utiliza um ambiente virtual tridimensional para integrar recursos sensoriais e motores de um voluntário capturado por meio de um sensor Kinect®. Esse programa permite aos usuários controlar e interagir com o corpo e com objetos do ambiente por meio de feedback visual, além disso, permite a análise de habilidades motoras como o *feedforward*, goniometria e propriocepção (Santos 2013).

O Kinect® é um dispositivo que capta o movimento através de uma câmara, de sensores de movimento e de emissores de infravermelhos, tendo permitido o desenvolvimento de software que também reconhece as articulações do corpo humano, possibilitando o rastreamento de todos os movimentos do corpo, bem como da sua amplitude (Matsen *et al.*, 2016; Saalfeld *et al.*, 2018).

O tempo de resposta motora (*Feedforward*) é definido como a preparação necessária para a produção do movimento, é o estímulo que chega ao sistema sensorial antes de iniciar a resposta motora propriamente dita (Lima *et al.*, 2004). Para existir o tempo de resposta motora, o estímulo deve chegar ao córtex somatossensorial primário pela via aferente e no córtex parietal posterior (Grol *et al.*, 2006). A partir disso, a informação é encaminhada para a área seis do córtex motor,

onde acontece o planejamento do movimento (momento denominado pré-motor). Então, a informação da área seis vai até a área quatro do córtex motor gerando a intenção do início do movimento, nessa etapa, o cerebelo tem uma grande importância pois ele irá orientar a futura ação. De acordo com a forma com que há a excitação cortical, o tempo de reação pode ser realizado de forma mais rápida ou mais lenta (Kurata & Hoshi, 2002). O tempo de reação também é influenciado pelo tipo de estímulo, que pode ser classificado em três tipos: o simples, em que existe uma única resposta para um único estímulo (ex: pressionar a barra de espaço no computador quando uma palavra é exibida), de escolha, em que existem diferentes respostas para um estímulo diferente (ex: pressionar a seta para a direita se uma palavra é exibida em espanhol e pressionar a seta para a esquerda se uma palavra é exibida em inglês) e de discriminação ou seleção, ou seja, há diferentes estímulos, porém deve-se escolher apenas um, o mais adequado à situação (Barbanti, 2001).

Posto isto, o objetivo do estudo é avaliar o tempo de resposta motora (*feedforward*) por meio do PhysioPlay® em voluntários com DM2 submetidos a dois protocolos de exercícios domiciliares para a musculatura intrínseca dos pés.

METODOLOGIA

Este é um estudo clínico com randomização simples, controlado e cruzado.

Os voluntários portadores de DM2 foram convidados através do Sistema Único de Saúde (SUS) do município de Poço Fundo/MG – Brasil conforme figura 1.

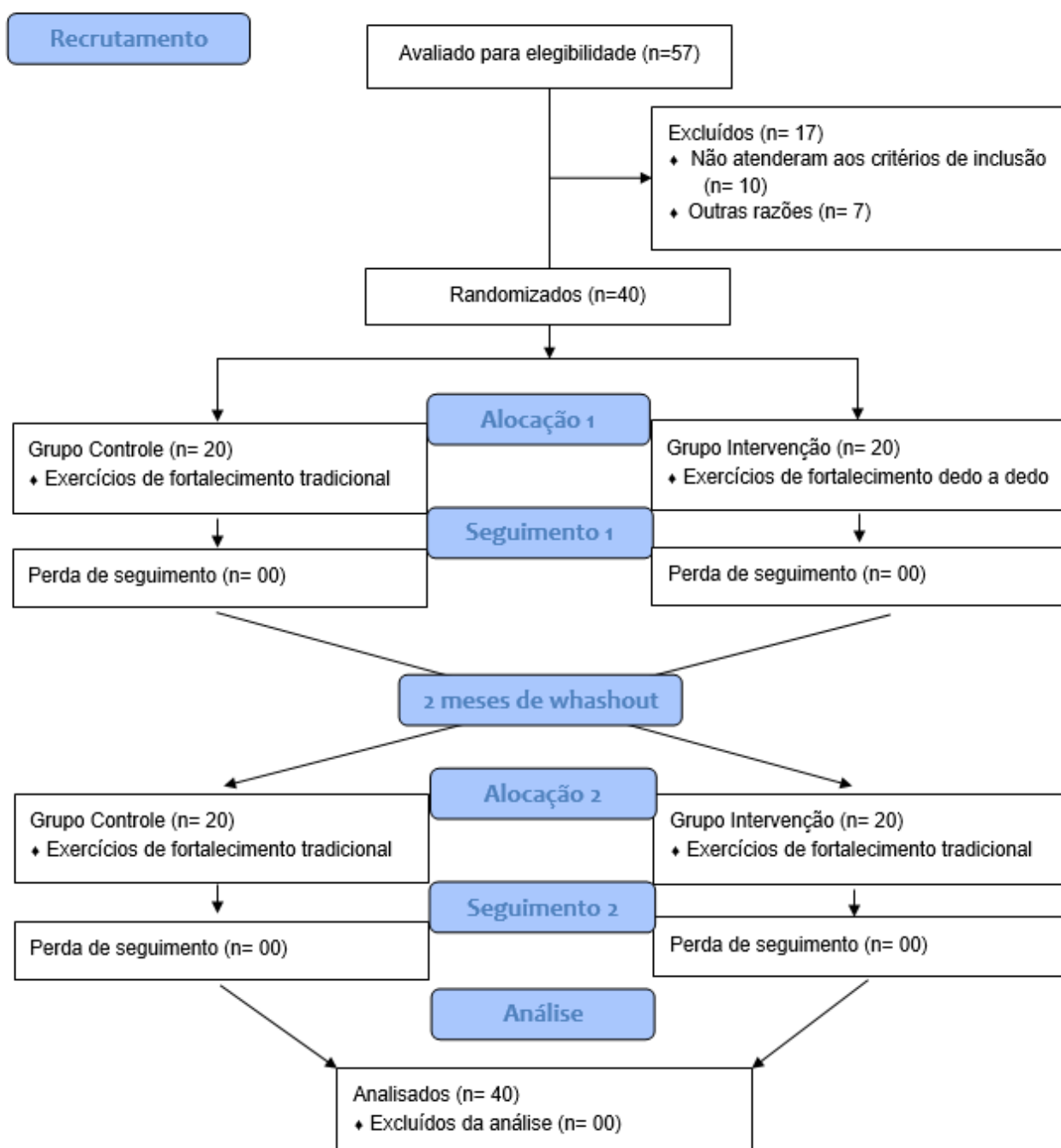


Figura 1: Fluxograma CONSORT

Este trabalho foi apresentado ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas/MG e aprovado (CAAE: 36899320.7.0000.5142). Além disso, foi registrado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (ReBEC) e recebeu aprovação sob o número RBR-2fw6v. Após, todos os voluntários foram informados sobre as metas, a relevância das atividades realizadas e os possíveis desfechos. Além disso, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.

Como critérios de seleção, foram considerados indivíduos com diagnóstico de

Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2), de ambos os sexos, entre 20 e 80 anos de idade, em tratamento com antidiabéticos orais e assinatura do TCLE. Foram excluídos indivíduos com DM2 com risco elevado, com amputações prévias, hemiplegia, paraplegia, ou doença de Parkinson; hérnia de disco; demência; deficiência intelectual; e outros transtornos psiquiátricos.

Ambos os grupos realizaram 20 sessões de exercícios sem supervisão por 30 minutos três vezes na semana para fortalecimento da musculatura flexora dos pés, com três séries de 10 repetições em cada sessão com um minuto de descanso entre as séries.

Os voluntários do Grupo Controle (GC) realizaram o fortalecimento da musculatura intrínseca e extrínseca dos pés puxando uma toalha com os dedos dos pés com a maior força possível, já os do Grupo intervenção (GI) realizaram o fortalecimento muscular seletivo dedo a dedo através de um tubo elástico (látex) de 0,4m de comprimento e diâmetro 0,005m. Inicialmente os voluntários promoveram resistência, puxando o tubo elástico e então realizaram o exercício de flexão do dedo.

Houve um período de washout de dois meses, após esse período as intervenções foram trocadas.

AVALIAÇÃO

A avaliação baseou-se em anamnese e exame físico, que foi realizado por um único examinador mascarado para a distribuição da amostra nos grupos. A anamnese consistiu em dados necessários para a caracterização da amostra, como tempo de diabetes, tipo de medicamentos em uso, se realizava e a frequência das atividades físicas, tabagismo, etilismo, pressão arterial sistêmica e dados antropométricos, tais como altura, peso e IMC (índice de massa corporal).

Tempo de resposta motora (*Feedforward*)

Para a análise do tempo de resposta motora de membro inferior foi utilizado o software PhysioPlay® (Santos, 2013). A avaliação ocorreu em ambos os membros durante o movimento de abdução da articulação do quadril. O movimento foi avaliado três vezes consecutivas por um período de 60 segundos cada, com um intervalo de

gravação de tempo de 0,1 segundo e intervalo de feedback de seis segundos, sendo a primeira coleta utilizada para familiarização do equipamento, a segunda para fixação da atividade e a terceira para real validação dos dados obtidos, todos associados ao comando verbal: “suba a perna” ou “desça a perna”. Foram utilizados ângulos de 10 e 20 graus, cada um com um tempo de realização de 10 segundos, repetidos sequencialmente por três vezes. Para a análise dos dados foi considerada a diferença entre o momento do tempo em que o paciente iniciou o movimento em direção ao ângulo solicitado e o momento de estabilização do membro por dois segundos na angulação pedida. Para extração dos dados da coleta foi utilizado o software Microsoft Excel 2007.

Aquisição dos dados

A aquisição dos dados pelo PhysioPlay® ocorreu da seguinte forma: o voluntário foi posicionado em ortostatismo diante de um notebook com o programa PhysioPlay® instalado associado a um dispositivo Kinect® conectado. Pela tela do notebook o participante pode observar a sua imagem espelhada e a trajetória do movimento, ângulo a ângulo, com indicação numérica na tela da posição angular do membro testado durante todo o movimento de abdução do quadril. A distância entre o equipamento e o voluntário foi de dois metros, sendo considerada a distância ótima para captação da imagem pelo dispositivo Kinect® (Hondori; Khademi, 2014). Foram realizados seis testes em cada membro com intervalos de 30 segundos, sendo sempre a primeira com feedback visual, para efeito de memorização da posição angular pelo usuário, alternadamente a uma coleta com o voluntário vendado, o qual receberá comando verbal para iniciar e finalizar o teste.

O software foi programado com a indicação do membro a ser testado, se esquerdo ou direito, o tempo de duração da sessão (60 segundos), a frequência de gravação de dados obtidos no arquivo de saída (0,1 segundo) e a angulação a ser testada (10 e 20 graus). Cada angulação alvo deveria ser atingida e mantida por 10 segundos, hora com hora sem feedback visual. Este programa permite uma frequência de gravação de dados a cada 0,1 segundos e faz o registro da amplitude de movimento realizada pelo participante, onde foi possível observar o controle da articulação em relação à angulação alvo considerando os desvios em graus em relação ao ângulo alvo, assim como também o tempo decorrido para atingir o ângulo

alvo.

O próprio PhysioPlay® gera uma planilha como arquivo de saída em formato do Microsoft Office Excel (2013). As informações contidas nessa planilha apresentam a posição realizada pelo indivíduo a cada, 0,1 segundo. Foi considerado o menor valor das três tentativas de cada ângulo. Quando menor o valor melhor o tempo de resposta motora.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do software Statistical Package for Social Sciences (SPSS) (IBM Corp., Chicago, EUA), versão 27.0, considerando nível de significância de 5% para ambos os testes. A análise descritiva foi apresentada em média e desvio padrão (DP). Os dados não apresentaram distribuição normal sendo realizado o teste de Wilcoxon para a comparação dos resultados.

RESULTADOS

A amostra foi composta de 40 voluntários com idade média de 59,8 anos, destes, 28 (70%) eram mulheres e apenas 2 eram canhotos. A tabela 1 descreve as características gerais e antropométricas dos voluntários.

Tabela 1 – Características gerais dos voluntários.

N	40
N feminino (%)	28 (70%)
Idade média (DP)	59.85 (12.75)
Lateralidade – Destro (%)	38 (95%)
IMC – GC (DP)	28.13 (6.72)
IMC – GI (DP)	27.07 (4.07)

Estatística descritiva (SPSS 20.0). N = número amostral; DP = desvio padrão; IMC = índice de massa corporal; GC = grupo controle; GI = grupo intervenção.

A tabela 2 descreve os resultados de ambos os grupos do tempo de resposta motora, em segundos, considerando o menor valor em todas as três avaliações para cada parâmetro. Nota-se diferença estatística no tempo de resposta motora do GC no movimento de abdução do quadril direto com os olhos abertos, porém houve

diminuição do tempo quando o ângulo pedido foi 10° e aumento do tempo para atingir o ângulo de 20°. Com os olhos fechados a diferença estatística foi observada no quadril esquerdo com diminuição do tempo para atingir ambos os ângulos. No GI houve diferença significativa apenas no quadril direito à 10° com os olhos fechados com aumento do tempo para a realização da tarefa.

Tabela 2 - Valores de média, desvio padrão e valor de p do tempo de resposta motora (em segundos) no movimento de abdução de quadril à 10° e 20° no grupo controle e grupo intervenção pré e pós um programa de exercícios.

		GC			GI		
		MÉDIA	DP	p	MÉDIA	DP	p
10°_D_A	pré	3.59	1.54	0.039*	2.13	1.24	0.808
	pós	2.13	1.75		2.24	2.15	
20°_D_A	pré	2.22	1.52	0.026*	3.38	0.99	0.507
	pós	3.17	1.15		3.03	1.06	
10°_E_A	pré	2.47	2.45	0.862	2.14	1.80	0.958
	pós	2.14	1.17		2.30	1.65	
20°_E_A	pré	2.41	1.09	0.906	2.02	1.03	0.372
	pós	2.52	1.05		2.55	1.01	
10°_D_F	pré	1.85	1.47	0.227	1.43	1.20	0.033*
	pós	2.20	1.22		3.42	2.85	
20°_D_F	pré	2.84	2.28	0.647	2.82	2.39	0.485
	pós	2.24	1.77		1.76	1.19	
10°_E_F	pré	2.40	1.93	0.011*	2.37	1.67	0.248
	pós	2.28	1.33		2.91	2.07	
20°_E_F	pré	2.24	1.01	0.007*	2.19	1.36	0.983
	pós	1.60	1.20		2.44	2.23	

Nota: Teste de Wilcoxon (SPSS 27.0) para análise pré (AV 1) versus pós (AV 2) ($p < 0,05$). Desvio Padrão = DP. GC = grupo controle; GI = grupo intervenção. D= direito; E= esquerdo. A= olhos abertos. F= olhos fechados. * diferença significativa.

DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi avaliar o tempo de resposta motora (*feedforward*) por meio do PhysioPlay® em voluntários diabéticos tipo 2 submetidos a exercícios domiciliares. Observamos a maior aderência da população feminina. Dados do Ministério da Saúde revelam que os homens apenas procuram o Sistema Único de Saúde (SUS) por meio da atenção especializada, e isso tem como consequência o

agravamento da morbidade pelo retardamento na atenção e maior custo para o SUS (Silva *et al.*, 2013).

Medidas antropométricas são frequentemente empregadas na avaliação da adiposidade corporal devido à sua praticidade e baixo custo. O índice de massa corporal (IMC) é a medida mais utilizada e estudos epidemiológicos e mostram sua clara associação com elevação de mortalidade (Rocha *et al.*, 2010). A OMS (Organização Mundial de Saúde) considerada normal o IMC até 25 Kg/m² e sobrepeso acima de 25 Kg/m² (Monteiro *et al.* 2010). Em nosso estudo ambos os grupos apresentaram IMC maior que 25 Kg/m² (GC=28,13; GI=27,07). O aumento do tecido adiposo acima do limite normal está diretamente relacionado à resistência à insulina, o que pode causar deteriorações metabólicas generalizadas (Souza *et al.*, 2024).

O interesse pelo tempo de reação (TR) em pessoas com diabetes data desde a década de 60, quando Dobrzański e Rychta (1968) propuseram que o tempo de reação visual desses pacientes seria o dobro do encontrado em indivíduos saudáveis (Gervásio *et al.*, 2021).

A neuropatia periférica é discutida como potencial fator primário nos aumentos de TR, já que está associada à degeneração axonal e à desmielinização, fato que leva à lentificação da velocidade de condução sensorial mesmo em pacientes com diabetes com alterações leves ao teste dos monofilamentos e com duração menor que 10 anos da doença (Richerson *et al.*, 2005).

Em nosso estudo observamos que o tempo de resposta motora frente a um estímulo, ou seja, atingir determinado ângulo, foi diferente entre os grupos após exercícios para a musculatura intrínseca dos pés. É sabido que as alterações nos pés podem contribuir para a mudança do equilíbrio postural e reduzir o tempo de resposta motora como proposto por Sartor *et al.* (2012).

Em nossos resultados, dos oito parâmetros avaliados (abdução de quadril à 10° e 20° com olhos abertos e fechados em ambos os lados do corpo), o GC obteve alteração do tempo de resposta motora em cinco avaliações mas, apenas em três houve diminuição do tempo em segundos com diferença estatística. Destaque para o quadril esquerdo com os olhos fechados nas duas angulações, corroborando com a característica dos voluntários, majoritariamente destros, permanecendo em apoio com a perna dominante.

No GI houve diminuição do tempo de resposta motora em três parâmetros, nenhum com diferença estatística. A diferença foi encontrada no movimento de

abdução do quadril direito à 10° com os olhos fechados, porém com aumento do tempo de resposta motora. Nossos resultados demonstram que apesar dos exercícios para a musculatura intrínseca dos pés, estes não foram suficientes para alterar o tempo de resposta motora para os voluntários diabéticos que participaram deste estudo.

O aumento do TR em pacientes com diabetes pode afetar a postura, a marcha e as sensações periféricas, fatores que se associam a maior probabilidade de queda (Gervásio *et al.*, 2021).

Gervásio *et al.* (2021) em sua revisão integrativa identificou prejuízos devido a alteração do tempo de resposta motora no diabetes tipo 2 comparados a pessoas hígdas, com predomínio entre adultos, com doença crônica, sendo o tempo de resposta visual mais lento que o auditivo, e ambos afetados por condições associadas à cognição. Mas, essa revisão não inclui a avaliação com o software PhysioPlay®.

Este estudo teve algumas limitações como o baixo número amostral e intervenções por curtos períodos. Acreditamos que um programa de exercícios por um tempo prolongado e a adesão de mais voluntários seriam fatores importantes para resultados mais robustos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve alteração no tempo de resposta motora (*feedforward*) avaliado por meio do PhysioPlay® em voluntários diabéticos tipo 2 submetidos a exercícios domiciliares em alguns parâmetros analisados. No grupo que realizou exercícios de forma tradicional, esta alteração foi mais significativa. Pesquisas futuras são necessárias para concluir se os exercícios de fortalecimento da musculatura intrínseca dos pés realmente alteram/diminuem o tempo de resposta motora em voluntários diabéticos frente a um estímulo.

REFERÊNCIAS

BARBANTI, V. J. **Treinamento físico: bases científicas**. São Paulo: CLR Balieiro, 2001. p. 51, 70-71.

BONNET, C.; CARELLO, C.; TURVEY, M. T. Diabetes and postural stability: review and hypotheses. **J Mot Behav** 41(2):172-190, 2009.

Bus, S. A. *et al.* Intrinsic muscle atrophy and toe deformity in the diabetic neuropathic foot: a magnetic resonance imaging study. **Diabetes Care** 25(8):1444-1450, 2002.

CALABRÒ, R.S. *et al.* The role of virtual reality in improving motor performance as revealed by EEG: a randomized clinical trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 14, p. 53, 2017.

CENTOMO, H. *et al.* Postural control following a self-initiated reaching task in type 2 diabetic patients and age-matched controls. **Gait Posture** 25(4):509-514, 2007.

DOBZJAŃSKI, T.; RYCHTA, T. Studies on the time of simple reaction and selective reaction in diabetes and in schizophrenia. **Polish Medical Journal**, 7(2), 442–448, 1968.

ECHALIER, C. *et al.* Variability of shoulder girdle proprioception in 44 healthy volunteers. **Orthop Traumatol Surg Res.**105(5):825-9, 2019.

EDOUARD, P. *et al.* Sensorimotor control deficiency in recurrent anterior shoulder instability assessed with a stabilometric force platform. **J Shoulder Elb Surg.** 23(3):355-60, 2014.

FERREIRA, H.F. *et al.* Validation study of a software for proprioceptive evaluation. **Acta Fisiatr.** 28(1):15-21, 2021.

FINDLATER, S. E. *et al.* Lesion locations associated with persistent proprioceptive impairment in the upper limbs after stroke. **NeuroImage Clin.** 20 (August): 955-71, 2018.

FORTIER, S.; BASSET, F.A. The effects of exercise on limb proprioceptive signals. **J Electromyogr Kinesiol.** V. 22, n. 6, p. 795-802, 2012.

GAGLIARDI, A. R. Neuropatia diabética periférica. **J Vasc Br**, v. 2, n. 1, p. 67-74, 2003.

GERVÁSIO, F. M. *et al.* Tempo de reação motora no diabetes mellitus tipo 2: revisão integrativa da literatura - **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, 2021.

GOBLE, D. J. Proprioceptive Acuity assessment via joint position matching: from basic science to general practice. **Phys Ther**, v. 90, n. 8, p. 1176-84, 2010.

GROL, M. J. *et al.* Cerebral changes during performance of overlearned arbitrary visuomotor associations. **Journal of Neuroscience**, v. 26, n. 1, p. 117-125, 2006.

HONDORI, H. M.; KHADEMI, M. A review on technical and clinical impact of Microsoft Kinect on physical therapy and rehabilitation. **Journal of Medical Engineering**, v. 2014, ID 846514, 2014.

IUNES, D. H. *et al.* Self-care associated with home exercises in patients with Type 2 Diabetes Mellitus. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, e114151, 2014.

- KURATA, K.; HOSHI, E. Movement-related neuronal activity reflecting the transformation of coordinates in the ventral premotor cortex of monkeys. **J Neurophysiol**, v. 88, n. 6, p. 3118-3132, 2002.
- LAFOND, D.; CORRIVEAU, H.; PRINCE, F. Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. **Diabetes Care** 27(1):173-178, 2004.
- LIMA, E. V. *et al.* Estudo da correlação entre a velocidade de reação motora e o lactato sanguíneo, em diferentes tempos de luta no judô. **Rev bras med esporte**, v. 10, n. 5, p. 339-343, 2004.
- MATSEN, F. A. *et al.* Measurement of active shoulder motion using the Kinect, a commercially available infrared position detection system. **J Shoulder Elb Surg**, v. 25, n. 2, p. 216-23, 2016.
- MONTEIRO, L. Z. *et al.* Redução da pressão arterial, da IMC e da glicose após treinamento aeróbico em idosas com diabetes tipo 2. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 5, p. 563-570, 2010.
- PORTO, E. F. *et al.* Equilíbrio postural e acidentes por quedas em diabéticos e não diabéticos. **Revista Brasileira De Saúde Funcional**, v. 6, n. 2, p. 30, 2018.
- RICHERSON, S. J.; ROBINSON, C. J.; SHUM, J. A comparative study of reaction times between type II diabetics and non-diabetics. **Biomedical Engineering Online**, v. 4, n. 12, 2005.
- ROCHA, N.P. *et al.* Analysis of several anthropometric measurements for the identification of metabolic syndrome, with or without disturbance of glucose metabolism. **Arq Bras Endocrinol Metab**, v. 54, n. 7, p. 636-643, 2010.
- SAALFELD, B.; PINGEL, I.; WOLF K. Semi-Automatically Measuring Shoulders' Range of Motion -objective measurements with good reliability and accuracy. **Stud Health Technol Inform**, v.247, p. 631-635, 2018.
- SANTOS, J. V. S. **Physioplay: um Exergame para reabilitação física aplicando a interatividade do KINECT® como biofeedback visual. 2013.** Universidade Federal de Alfenas, Ciências da Computação, Alfenas, MG, 2013. Disponível em: <http://www.bcc.unifal-mg.edu.br/biblioteca/producao-discente/monografias/monografias-2012-2/monografia-jan-victor-soares-santos/>.
- SARTOR, C. D. *et al.* Effects of a combined strengthening, stretching and functional training program versus usual-care on gait biomechanics and foot function for diabetic neuropathy: a randomized controlled trial. **Musculoskeletal Disorders**, v. 13, n. 36, p. 2-10, 2012.
- SILVA, P. L. N. *et al.* política de atenção à saúde do homem no Brasil e os desafios da sua implantação: uma revisão integrativa. **Rev Enf Glob**, v. 32, n. 1, p. 414-43, 2013.

SOUZA, M. L. M. *et al.* Performance of anthropometric indices as screening instruments for self-reported diabetes in the Brazilian population: a cross-sectional study. **Rev Min Enferm.** V. 28, p. e-1539, 2024.

TOSSINI, N. B. *et al.* Influência da realidade virtual sobre a dor, fadiga, capacidade funcional e qualidade de vida na fibromialgia: estudo de caso. **Acta Fisiátrica**, v. 24, n. 4, p. 212-215, 2017.

3.6 ARTIGO 6

ANÁLISE DA FORÇA E ATIVIDADE DOS MÚSCULOS PLANTARES EM PESSOAS ACOMETIDAS POR DIABETES TIPO 2 APÓS UM PROGRAMA DE FORTALECIMENTO: ESTUDO CLÍNICO RANDOMIZADO CONTROLADO CROSS-OVER

RESUMO

Introdução: Pacientes com diabetes enfrentam um alto risco de desenvolver condições de saúde adversas graves que encurtam a expectativa e qualidade de vida, e aumentam os custos com cuidados médicos. As ulcerações do pé representam as complicações mais caras e cruciais associadas à Diabetes numa escala global. A fraqueza dos músculos intrínsecos dos pés está associada ao desenvolvimento de doenças como o Diabetes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a força do músculo flexor curto dos dedos através da eletromiografia e dinamometria de ambos os pés em voluntários diabéticos antes e após seu fortalecimento. **Método:** 109 voluntários com diagnóstico prévio de Diabetes Mellitus tipo 2 foram randomizados em grupo controle (GC - n:54) e grupo intervenção (GI - n:55) e após washout de dois meses foram realocados de modo crossover. Ambos realizaram um protocolo de exercícios por 30 minutos três vezes na semana para fortalecimento da musculatura intrínseca dos pés. **Resultados:** Após os exercícios propostos o IMC de ambos os grupos diminuiu e a RCQ aumentou no GC. Não houve diferença nos valores da eletromiografia após os exercícios. Na dinamometria observou-se aumento da força muscular em ambos os grupos com destaque para o GC. **Conclusão:** Os exercícios propostos foram determinantes para fortalecimento dos músculos flexores plantares em voluntários diabéticos tipo 2.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus tipo 2, Dinamometria Manual, Eletromiografia, Exercício Físico.

ABSTRACT

Introduction: Patients with diabetes face a high risk of developing serious adverse health conditions that shorten life expectancy and quality of life, and increase medical care costs. Foot ulcerations represent the most expensive and crucial complications associated with Diabetes on a global scale. Weakness of the intrinsic muscles of the feet is associated with the development of diseases such as Diabetes. The objective of this work was to evaluate the strength of the flexor digitorum brevis muscle through electromyography and dynamometry of both feet in diabetic volunteers before and after strengthening it. Method: 109 volunteers with a previous diagnosis of Diabetes Mellitus Type 2 were randomized into a control group (n:109) and intervention group (n:109). Both performed an exercise protocol for 30 minutes, three times a week, to strengthen the intrinsic muscles of the feet. Results: After the proposed exercises, the BMI of both groups decreased and the WHR increased in the CG. There was no difference in electromyography values after the exercises. Dynamometry helped to increase muscle strength in both groups, with emphasis on the CG. Conclusion: The proposed exercises were decisive for strengthening the plantar flexor muscles in type 2 diabetic volunteers.

Keywords: Diabetes Mellitus Type 2, Manual Dynamometry, Electromyography, Exercise.

INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) é um distúrbio metabólico grave que leva à hiperglicemia crônica, uma condição patogênica que pode incluir defeitos na secreção e/ou ação da insulina (GBD 2021 Diabetes Collaborators, 2023; Yedjou *et al.*, 2023). A forma mais comum de DM é o Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2), responsável por aproximadamente 90% dos casos (Asmat *et al.*, 2022).

O número de pacientes com diabetes tem aumentado de forma constante durante as últimas três décadas, e este aumento provavelmente continuará ao longo das próximas décadas: de cerca de 463 milhões de pacientes com idade entre 18 e 99 anos afetados em 2019 a uma estimativa de 700 milhões de pessoas na mesma faixa etária afetadas em 2045 em todo o mundo. O diabetes é responsável por aproximadamente 4,2 milhões de mortes anualmente e causa um enorme encargo financeiro para os sistemas de saúde: em 2019, os custos globais de cuidados de

saúde para a diabetes totalizaram 760 bilhões de dólares para pacientes na faixa etária entre 18 e 99 anos (International Diabetes Federation, 2019). Em 2021, a Federação Internacional de Diabetes (FID) estimou que um em cada 10 adultos com idade entre 20 e 79 anos têm DM, equivalente a 537 milhões de pessoas em todo o mundo (International Diabetes Federation, 2021).

As ulcerações do pé representam as complicações mais caras e cruciais associadas à DM numa escala global. A implementação de medidas preventivas para reduzir o risco de complicações no pé diabético foi considerada uma estratégia custo-efetiva (Cerrahoglu *et al.*, 2016). As práticas de autocuidado desempenham um papel fundamental na eficácia e gerenciamento de DM2 e suas complicações associadas (Letta, Goshu & Sertsu, 2023). De acordo com o Grupo de Trabalho Internacional sobre o Pé Diabético (do inglês, *International Working Group on the Diabetic Foot IWGDF*), a incorporação de cuidados diários com os pés na rotina é uma abordagem eficaz para prevenir complicações nos pés relacionadas ao DM2 (Schaper, Netten & Apelqvist, 2020).

Pessoas com DM apresentam frequentemente alterações anatômicas distintas nos seus pés devido a neuropatias autonômicas e motoras, desgaste intrínseco dos músculos, proeminência metatársica aumentada, movimento articular e tendinoso diminuído e deformidades no antepé. Estas anomalias patológicas podem resultar numa mobilidade articular restrita e num padrão de marcha atípico. A neuropatia, causada pelo enfraquecimento inerente dos músculos e pela tensão do tendão de Aquiles, pode ser melhorada com exercícios de fortalecimento (Francis *et al.*, 2024).

O pé é composto de articulações complexas fornecendo suporte ao corpo humano enquanto gera as forças necessárias para a realização de atividades dinâmicas. Durante a caminhada, os pés suportam o peso do corpo e se ajustam continuamente para auxiliar na dissipação de força atuando como uma alavanca propulsora (Jaffri *et al.*, 2023).

Os músculos intrínsecos dos pés apresentam diversas funções como: fornecer suporte muscular às estruturas que formam a base de apoio durante a estabilidade postural (Lynn, Padilla & Tsang, 2012; McKeon *et al.*, 2015), ajudar a dissipar forças durante o carregamento e gerar as forças propulsivas necessárias para locomoção (McKeon *et al.*, 2015; Zelic *et al.*, 2015; Jastifer, 2023). Isso se opõe aos músculos extrínsecos do pé, que funcionam principalmente para gerar força nos movimentos cinemáticos (McKeon *et al.*, 2015; Jastifer, 2023), pois, os músculos intrínsecos estão

completamente contidos no pé, originando-se e inserindo-se em ossos, tendões ou ligamentos.(Jastifer, 2023) diferentemente dos músculos extrínsecos que se originam na perna e se inserem no pé (Zaottini *et al.*, 2023).

A fraqueza dos músculos intrínsecos dos pés está associada ao desenvolvimento de doenças degenerativas e de uso excessivo como pé plano, hálux valgo, aumento da queda do navicular, osteoartrite e fascite plantar (Wearing *et al.*, 2006), às condições cirúrgicas como artrodese da primeira articulação metatarsal (Jaffri, Hertel & Saliba, 2019) e condições sistêmicas, como diabetes mellitus (Bus *et al.*, 2002; Andersen *et al.*, 2004). Essa fraqueza é frequentemente associada a problemas de equilíbrio e anormalidades biomecânicas que eventualmente resultam em limitação de atividade e negativamente afetam a função do paciente (McKeon *et al.*, 2015; McKeon & Fourchet, 2015; Jaffri, Hertel & Saliba, 2019).

Os músculos intrínsecos plantares são geralmente organizados em quatro camadas. A camada mais superficial, que é profunda à fáscia plantar inclui o abductor do quinto dedo, o flexor curto dos dedos e o abductor do hálux. A segunda camada inclui o quadrado plantar, os lumbricais e o flexor curto do quinto dedo. A terceira camada inclui o adutor do hálux oblíquo e transverso, e o flexor curto do hálux. A quarta camada inclui os interósseos plantares. Os músculos dorsais incluem o extensor curto do hálux mais superficial e extensor curto dos dedos, enquanto a camada profunda inclui os músculos interósseos dorsais (Jastifer, 2023).

Jaffri *et al* (2023) relata em sua revisão sistemática e meta análise que a incorporação de exercícios para os músculos intrínsecos dos pés nos protocolos de reabilitação de lesões das extremidades inferiores melhoraram os resultados funcionais, como equilíbrio, força, atividade sensorial e desempenho motor e as medidas subjetivas de dor e incapacidade em grupos clínicos.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a força do músculo flexor curto dos dedos através da eletromiografia e dinamometria de ambos os pés em voluntários diabéticos antes e após seu fortalecimento.

METODOLOGIA

Este ensaio clínico controlado foi realizado por randomização simples e cross-over.

Os voluntários foram selecionados eram cadastrados nos Programas Saúde da Família (PSF's) do município de Poço Fundo/MG - Brasil. Os critérios para elegibilidade estão descritos na figura 1.

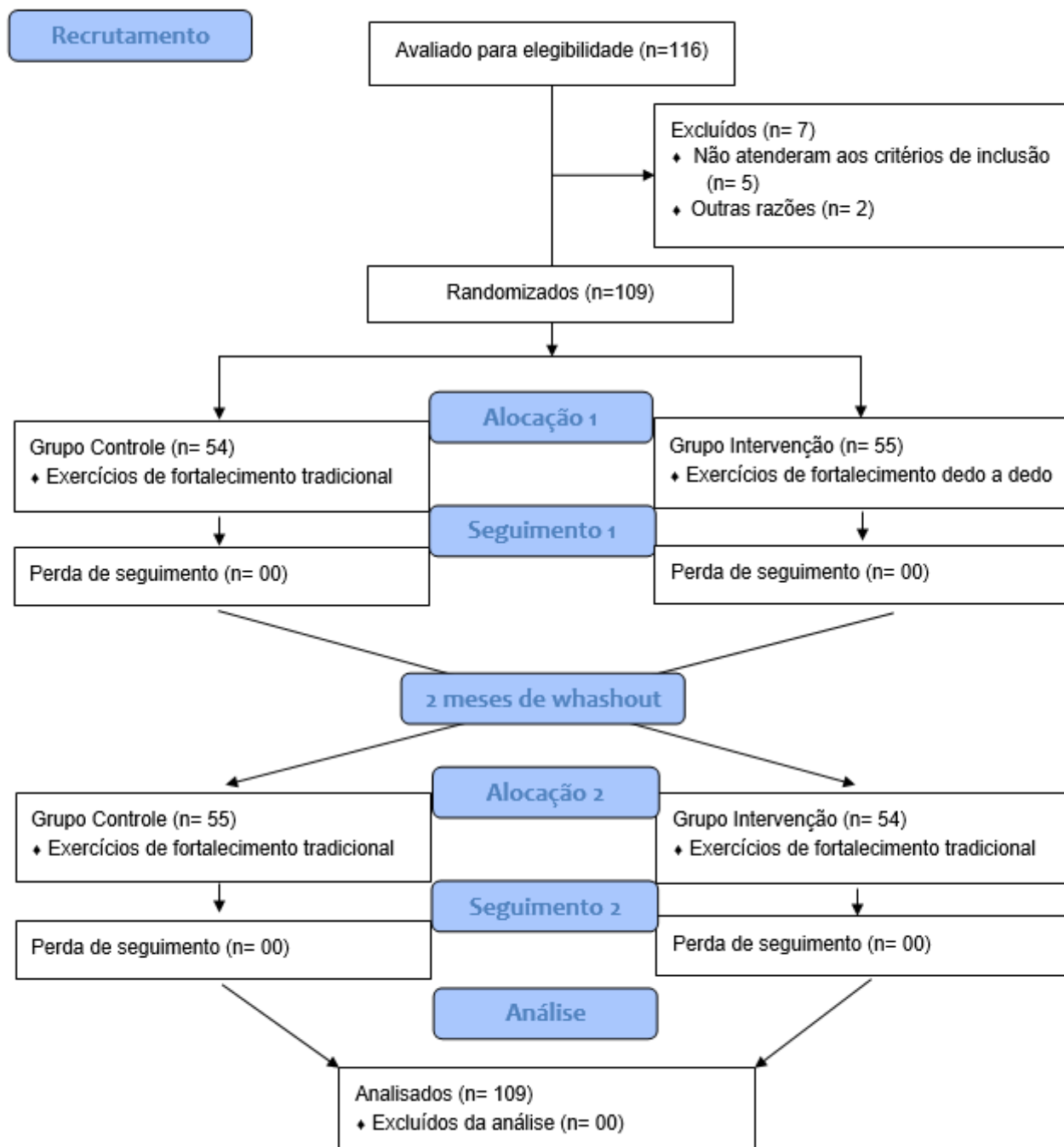


Figura 1: Fluxograma CONSORT.

O presente estudo foi aprovado no Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas/MG (CEP-UNIFAL) sob o número CAAE: 36899320.7.0000.5142, e também aprovado no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (ReBEC) sob o número RBR-2fvw6v. Os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

– TCLE declarando conhecimento total ao teor da pesquisa podendo desligar-se dela quando desejar, ficando garantido o sigilo da identidade.

Como critérios de seleção, foram considerados indivíduos com diagnóstico de DM2, entre 20 e 90 anos de idade, de ambos os sexos, em tratamento dietoterápico ou com antidiabéticos orais e assinatura do TCLE. Foram excluídos indivíduos com DM2 com risco elevado, diagnóstico clínico de hemiplegia, paraplegia, ou doença de Parkinson; amputação de membro; etilismo, drogadito; hérnia de disco; lepra; artrite grave que impede a marcha; demência; deficiência intelectual; e outros transtornos psiquiátricos (lunes *et al.* 2014). A amostra foi randomizada em dois grupos, Grupo Controle (GC) e Grupo Intervenção (GI). Todos os grupos realizaram 20 sessões de fortalecimento da musculatura intrínseca dos pés sem supervisão de um profissional. Os exercícios foram ensinados aos voluntários e houve acompanhamento por parte dos pesquisadores através de mensagens via internet e ligação telefônica. Cada sessão de exercícios teve a duração de 30 minutos, sendo realizada três vezes na semana. Em cada sessão foi realizado três séries de 10 repetições com um minuto de descanso entre as séries.

Os voluntários do GI realizaram o fortalecimento para a musculatura flexora intrínseca e extrínseca do pé por meio de uma nova técnica. Este fortalecimento muscular seletivo dedo a dedo foi realizado com um tubo elástico (látex) de 0,4m de comprimento e diâmetro 0,005m. Os voluntários foram orientados a tensionarem o elástico até a promoção de resistência e em seguida realizar o movimento de flexão dedo a dedo enlaçado. No GC os voluntários realizaram o fortalecimento da musculatura intrínseca e extrínseca dos pés puxando uma toalha com as falanges distais dos dedos dos pés com a maior força possível.

Houve um período descanso de dois meses e após esse período as intervenções foram realocadas de modo cross over.

Não houve relato de desconforto em nenhum voluntário.

AValiação

Os voluntários foram submetidos à uma avaliação inicial contendo anamnese (dados pessoais, história clínica, medicamentos em uso) e exame físico onde foram avaliados os dados antropométricos, tais como altura e peso.

A avaliação eletromiográfica de superfície do músculo flexor curto dos dedos foi

realizada baseado no estudo de Kelly e colaboradores (2012) através do aparelho Trigno 8 Channel Wireless (EMGworks, Delsys Inc.) equipado com software específico. Os voluntários foram posicionados em decúbito dorsal, com os membros inferiores em extensão. Conforme preconiza SENIAM (Surface-EMG for the Non Invasive Assessment of Muscle), os pés foram higienizados com álcool 70% e após esse procedimento, colocado os eletrodos. O primeiro eletrodo foi posicionado na cabeça do terceiro metatarso (eletrodo 1) e o segundo eletrodo foi colocado entre a cabeça do terceiro metatarso e a tuberosidade do calcâneo (eletrodo 2).

Foram coletados dados de root mean square (RMS) de repouso e durante três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM), para a normalização dos dados. Os voluntários foram encorajados através de estímulos verbais a realizar a maior contração possível. O repouso e as contrações duraram 10 segundos com um minuto de descanso entre elas.

O modo de aquisição do sinal foi calibrado em frequência de amostragem de 1000Hz, taxa de rejeição comum de 90dB, com ganho de 2000 vezes, e os mesmos foram filtrados em filtro de passa alta de 10Hz, filtro de passa baixa de 1000Hz (Minning et al. 2007). Foi analisado quatro segundos do maior pico de contração do sinal dentro dos 10 segundos totais.

Após essa avaliação os voluntários foram posicionados sentados em uma cadeira para a realização da dinamometria. Para essa avaliação foi usado o instrumento proposto por Silva e colaboradores (2024), que consiste de uma plataforma retangular com quatro apoios acoplada a uma célula de carga ao centro ligada a uma corrente e alça onde os dedos foram encaixados individualmente para realizar a força de tração. Esse instrumento avalia a força de cada dedo do pé de forma individual. A coleta da força muscular dos flexores de cada dedo do pé se deu por três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de 10 segundos cada, com intervalo de descanso de um minuto. Foram subtraídos do eletromiógrafo, os valores da força isométrica voluntária máxima menos a força mínima exercida no repouso em cada dedo do pé em três contrações musculares. Deste número, foram extraídos a média e o desvio-padrão.

ANÁLISE DE DADOS

A análise estatística foi realizada através do programa estatístico SPSS versão 27.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) considerando o nível de significância de 5%. O estudo piloto foi conduzido com uma amostra de 15 participantes, e com base nos resultados obtidos foi calculado o tamanho amostral de 109 voluntários. A análise descritiva foi apresentada em média e desvio padrão (DP). Os dados não apresentaram distribuição normal sendo comparados por teste de Wilcoxon.

RESULTADOS

Foram avaliados 109 voluntários com idade média de 63,7 anos. 73,8% eram do sexo feminino e 75,2% eram destros. As características gerais estão descritas na tabela 1 e as características antropométricas descritas na tabela 2.

Tabela 1 – Características gerais dos voluntários.

N	109
N feminino (%)	83 (73.8%)
Idade média (DP)	63,79 (13.18)
Lateralidade – Destro (%)	82 (75.2%)

Estatística descritiva (SPSS 27.0). N = número amostral; DP = desvio padrão.

Na tabela 2 não houve diferença nos parâmetros eletromiográficos entre as avaliações antes e após o fortalecimento do flexor curto dos dedos em ambos os pés. Houve diferença entre os grupos na avaliação inicial do pé esquerdo e após o fortalecimento no pé direito ambos no eletrodo 2.

Tabela 2 - Valores de RMS da eletromiografia do músculo flexor curto dos dedos nos grupos controle (GC) e grupo intervenção (GI), nos momentos pré e pós intervenção.

	Lado	Grupo	PRÉ	PÓS	p
ELETRODO 1	D	CONTROLE	3.233(1.742)	3.304(1.852)	0.312
		INTERVENÇÃO	3.142(1.505)	3.027(1.077)	0.843
		p	0.636	0.672	
	E	CONTROLE	2.950(1.489)	2.749(1.284)	0.800
		INTERVENÇÃO	2.963(1.284)	2.967(1.156)	0.300
		p	0.834	0.285	
ELETRODO 2	D	CONTROLE	4.954(2.092)	4.742(1.947)	0.455
		INTERVENÇÃO	4.675(2.485)	5.772(2.643)	0.068
		p	0.913	0.034*	
	E	CONTROLE	4.577(1.841)	4.404(1.882)	0.472
		INTERVENÇÃO	5.127(2.128)	5.007(2.029)	0.150
		p	0.047*	0.300	

Teste T pareado (SPSS 27.0) Dados expressos com média \pm desvio padrão. * valores significativos $p < 0.05$. D = direito; E = esquerdo. Eletrodo 1 = cabeça do terceiro metatarso; Eletrodo 2 = entre a cabeça do terceiro metatarso e a tuberosidade do calcâneo.

A tabela 3 descreve os dados referentes a dinamometria usando o instrumento sugerido por Silva e colaboradores (2024). Observa-se aumento da força dos flexores plantares no GC em todos os dedos de ambos os pés, mas apenas os dedos 1 e 4 do pé direito e os dedos 2, 3 e 4 do pé esquerdo com diferença estatística. No GI houve aumento significativo da força nos dedos 2, 4 e 5 do pé direito e nos dedos 2, 3 e 4 do pé esquerdo.

Tabela 3 - Dinamometria dos dedos de ambos os pés nos grupos controle (GC) e grupo intervenção (GI), nos momentos pré e pós intervenção.

Dedo	Lado	Grupo	PRÉ	PÓS	p
DEDO 1	D	CONTROLE	4.543(1.863)	5.013(1.813)	0.014*
		INTERVENÇÃO	4.914(2.004)	4.833(1.643)	0.578
		p	0.522	0.335	
	E	CONTROLE	4.577(1.603)	4.808(1.779)	0.126
		INTERVENÇÃO	4.769(1.603)	4.735(1.544)	0.913
		p	0.257	0.860	
DEDO 2	D	CONTROLE	3.305(1.330)	3.499(1.322)	0.122
		INTERVENÇÃO	3.256(1.402)	3.562(1.408)	0.007*
		p	0.626	0.908	
	E	CONTROLE	3.313(1.301)	3.621(1.265)	0.024*
		INTERVENÇÃO	3.243(1.257)	3.522(1.177)	0.010*
		p	0.666	0.701	
DEDO 3	D	CONTROLE	3.312(1.139)	3.402(1.260)	0.710
		INTERVENÇÃO	3.330(1.336)	3.325(1.090)	0.795
	p	0.894	0.294		

DEDO 4	E	CONTROLE	3.279(1.204)	3.738(1.319)	<0.001*
		INTERVENÇÃO	3.187(1.275)	3.527(1.022)	0.007*
		p	0.777	0.475	
	D	CONTROLE	3.259(1.202)	3.476(1.309)	0.007*
		INTERVENÇÃO	3.252(1.270)	3.476(1.141)	0.013*
		p	0.722	0.775	
DEDO 5	E	CONTROLE	3.205(1.055)	3.541(1.263)	0.021*
		INTERVENÇÃO	3.256(1.066)	3.473(0.974)	0.018*
		p	0.997	0.962	
	D	CONTROLE	3.373(1.189)	3.429(1.161)	0.661
		INTERVENÇÃO	3.132(0.989)	3.370(0.962)	0.018*
		p	0,111	0.989	
	E	CONTROLE	3.242(1.121)	3.345(1.178)	0.375
		INTERVENÇÃO	3.308(1.207)	3.121(0.890)	0.369
		p	0.800	0.255	

Teste de Wilcoxon (SPSS 27.0) Dados expressos com média \pm desvio padrão. D = direito; E= esquerdo. * valores significativos $p < 0.05$

DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a força do músculo flexor curto dos dedos através da eletromiografia e dinamometria de ambos os pés em voluntários diabéticos antes e após seu fortalecimento. A eletromiografia dos pés é uma avaliação nova com literatura escassa. A SENIAM (Surface-EMG for the Non Invasive Assessment of Muscle) não descreve a colocação de eletrodos nos pés, dificultado a comparação entre trabalhos com a mesma abordagem. Nosso artigo usou como referência a metodologia utilizada por Kelly e colaboradores (2012) porém sem o uso do ultrassom guiado. Estudos eletromiográficos intramusculares preliminares (Toledo *et al.*, 2022) sugerem que os músculos intrínsecos do pé atuam como uma unidade funcional para estabilizar os dedos durante a fase de impulso da marcha, além de fornecer resistência à pronação na articulação subtalar, entretanto, a localização dos eletrodos não foi descrita. Toledo e colaboradores (2022) também avaliou a atividade elétrica de pacientes diabéticos mas nos músculos gastrocnêmio lateral e medial.

Rabbi e colaboradores (2018) em seu estudo sobre a importância da eletromiografia na avaliação da neuropatia diabética, cita que os principais músculos de pacientes diabéticos avaliados por eletromiografia são vasto lateral, tibial anterior, gastrocnêmio medial e glúteo médio. Em nosso estudo utilizamos dois eletrodos no músculo flexor curto dos dedos. O primeiro colocado na cabeça do terceiro metatarso e o segundo entre a cabeça do terceiro metatarso e a tuberosidade do calcâneo.

Nossos resultados demonstraram não haver diferença significativa entre o RMS antes e após o fortalecimento.

A dinamometria foi avaliada através de um instrumento proposto por Silva e colaboradores (2024). Entretanto este estudo avaliou pessoas jovens, saudáveis e sem nenhuma intervenção não sendo possível a comparação. No nosso estudo houve aumento da força muscular após o fortalecimento em todos os dedos do GC com resultados significativos no hálux e quarto dedo direito e segundo, terceiro e quarto dedos esquerdo. O protocolo de fortalecimento do GC é simples e fácil de realizar, pois o exercício é feito com os pés contraindo como um bloco. Já no GI o aumento da força muscular foi significativa nos dedos 2, 4 e 5 do pé direito e 2, 3 e 4 esquerdo. O protocolo de exercícios do GI requer atenção e exige mais força devido ao uso da resistência elástica. É importante ressaltar que independente do grupo, os dedos 2, 3 e 4 do pé esquerdo e o dedo 4 do pé direito tiveram melhores resultados. Isso nos permite afirmar que independente do tipo de exercício, ele é benéfico fortalecendo a musculatura intrínseca dos pés.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fortalecimento do flexor curto dos dedos é importante para equilíbrio e atividade sensorial em portadores de DM2. A dinamometria mostrou-se eficaz na avaliação dessa musculatura tanto no método tradicional de fortalecimento quanto no fortalecimento seletivo, dedo a dedo. Sugerimos novas pesquisas com n amostral maior e fortalecimento sob supervisão do pesquisador para resultados mais robustos.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, H.; GJERSTAD, M.D.; JAKOBSEN, J. Atrophy of foot muscles: A measure of diabetic neuropathy. **Diabetes Care**; v. 27, n. 10, 2382e2385, 2004.

ASMAT, K. *et al.* The effectiveness of patient-centered care vs. usual care in type 2 diabetes self-management: A systematic review and meta-analysis. **Frontiers in public health**, vol. 10, 994766, 2022.

BUS, S.A. *et al.* Intrinsic muscle atrophy and toe deformity in the diabetic neuropathic foot: a magnetic resonance imaging study. **Diabetes care**; vol. 25, n. 8 p. 1444-502002, 2002.

CERRAHOGLU, L. *et al.* Range of Motion and Plantar Pressure Evaluation for the Effects of Self-Care Foot Exercises on Diabetic Patients with and Without Neuropathy. **Journal of the American Podiatric Medical Association**; v. 106, n. 3, p.189-200, 2016.

FRANCIS, D. *et al.* Effect of Exercises for Strengthening the Intrinsic Muscles of the Foot and Improving Ankle Mobility on Patients of Diabetic Peripheral Neuropathy. **Cureus**; v. 16, N. 3, e56553. 20 Mar. 2024.

GBD 2021 Diabetes Collaborators. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. **Lancet (London, England)**; vol. 402,10397,p. 203-234, 2023.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. IDF Diabetes Atlas, 9th edn, Brussels, Belgium: **International Diabetes Federation**; 2019.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. IDF Diabetes Atlas, 10th edn. Brussels: **International Diabetes Federation**, 2021.

IUNES, D. H; *et al.* Self-care associated with home exercises in patients with Type 2 Diabetes Mellitus. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, p. 1-13, 2014.

JAFFRI, A. H. *et al.* Evidence for Intrinsic Foot Muscle Training in Improving Foot Function: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of athletic training**; vol. 58,n. 11-12 p. 941-951, 2023.

JAFFRI, A. H.; HERTEL, J.; SALIBA, S. Ultrasound examination of intrinsic foot muscles in patients with 1st metatarsophalangeal joint arthrodesis. **Foot (Edinb)**; v.41, p. 79–84, 2019.

JASTIFER, J. R. Intrinsic muscles of the foot: Anatomy, function, rehabilitation. **Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine**; vol. 61, p. 27-36, 2023.

KELLY, L. A. *et al.* Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. **Clinical Biomechanics**, v. 27: 46–51, 2012.

LETTA, S. *et al.* Diabetes knowledge and foot care practices among type 2 diabetes patients attending the chronic ambulatory care unit of a public health hospital in eastern Ethiopia: a cross-sectional study. **BMJ open**; vol. 13,n. 11 e070023. Nov. 2023.

LYNN, S. K; PADILLA, R. A; TSANG, K .K. W. Differences in static-and dynamicbalance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short-foot exercise versus the towel-curl exercise. **J Sport Rehabil**; v. 21, n. 4, p. 327–333, 2012.

MCKEON, P. O. *et al.* The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. **British journal of sports medicine**; vol. 49, v. 5 p.

290, 2015.

MCKEON, P. O.; FOURCHET, F. Freeing the foot: integrating the foot core system into rehabilitation for lower extremity injuries. **Clinics in sports medicine**; vol. 34, n. 2, p. 347-61, 2015.

RABBI, M. F.; GHAZALI, K. H.; ALTWIJRI, O. *et al.* SIGNIFICANCE OF electromyography in the assessment of diabetic neuropathy. **Journal of Mechanics in Medicine and Biology**, 1930001. 2018.

SILVA, R. O.; SANTOS, M. M.; FREIRE, L. A. M.; CARVALHO, L. C. Inter-rater reliability of a new instrument for measuring isometric strength of toe flexor muscle. **Acta Fisiatr**. V.31(1):15-19, 2024.

SCHAPER, N. C.; VAN NETTEN, J. J.; APELQVIST, J. *et al.* Diretrizes do IWGDF sobre a prevenção e o tratamento de pé diabético. **IWGDF Guideline**. Holanda. 2019

TOLEDO, T. G.; FREIRE, L. A. M.; REIS, L. M. D.; TERRA, A. M.S. V.; SANTOS, A. T. S. Effect of Foot Reflexology on Muscle Electrical Activity, Pressure, Plantar Distribution, and Body Sway in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Pilot Randomized Controlled Trial. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. V.19(21):14547, 2022.

WEARING, S. C. *et al.* The pathomechanics of plantar fasciitis. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**; vol. 36, n. 7, p. 585-611, 2006.

YEDJOU, C. G. *et al.* The Management of Diabetes Mellitus Using Medicinal Plants and Vitamins. **International Journal of Molecular Sciences**, 24(10):9085, 2023.

ZAOTTINI, F. *et al.* Ultrasound of the plantar foot: a guide for the assessment of plantar intrinsic muscles. **Journal of ultrasonography**; vol. 23, n.94, e151-e160, 2023.

ZELIK, K. E. *et al.* Coordination of intrinsic and extrinsic foot muscles during walking. **European journal of applied physiology**; vol. 115, n. 4, p. 691-701, 2015.

4 CONCLUSÃO

Existem muitas intervenções que visam melhorar as condições de doença às quais as pessoas com diabetes estão expostas. Podemos perceber que pequenas mudanças na rotina de cuidado de voluntários diabéticos são essenciais para a melhora do enfrentamento e prevenção de lesões associadas a doença. O questionário de autocuidado em diabetes (QAD) é um instrumento eficiente para medir e conscientizar o voluntário diabético sobre o autocuidado. A musculatura intrínseca dos dedos dos pés desempenha um papel importante na absorção de impactos, transmissão de forças e estabilidade postural. Propusemos um novo instrumento onde a avaliação é feita por tração através de uma célula de carga com excelente consistência de medição, alta confiabilidade e fácil reprodutibilidade.

Medidas simples como exercícios de fortalecimento dos músculos flexores dos dedos dos pés mostraram-se eficazes na melhoria dos parâmetros da termografia infravermelha, oximetria e baropodometria nos pés de voluntários diabéticos após um programa de exercícios, principalmente exercícios realizados de forma individual, dedo a dedo com uso de resistência elástica. O ESN e o ECN são ferramentas úteis para quantificar a melhora nos sinais e sintomas dos pés de portadores de DM2. Houve diminuição do tempo de resposta motora em algumas avaliações principalmente do grupo que realizou exercícios de forma tradicional. O fortalecimento do flexor curto dos dedos é importante para equilíbrio e atividade sensorial em portadores de diabetes tipo 2. A dinamometria mostrou-se eficaz na avaliação dessa musculatura tanto no método tradicional de fortalecimento quanto no fortalecimento seletivo, dedo a dedo.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. *et al.* Diabetes and the severity of pandemic influenza A (H1N1) infection. **Diabetes Care**, v. 33, n. 7, p. 1491-1493, 2010.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Lifestyle Management: Standards of Medical Care in Diabetes-2018. **Diabetes Care**, v. 41, Suppl 1, p. S38-S50, 2018.
- ANDERSEN, H.; GJERSTAD, M. D.; JAKOBSEN, J. Atrophy of foot muscles: a measure of diabetic neuropathy. **Diabetes Care**, v. 27, n. 10, p. 2382e2385, 2004.
- ASMAT, K. *et al.* The effectiveness of patient-centered care vs. usual care in type 2 diabetes self-management: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Public Health**, v. 10, p. 994766, 2022.
- BUS, S. A. *et al.* Intrinsic muscle atrophy and toe deformity in the diabetic neuropathic foot: a magnetic resonance imaging study. **Diabetes Care**, v. 25, n. 8 p. 1444-502002, 2002.
- CERRAHOGLU, L. *et al.* Range of motion and plantar pressure evaluation for the effects of self-care foot exercises on diabetic patients with and without neuropathy. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 106, n. 3, p.189-200, 2016.
- CHANG, P.; CORZANTES-GONZÁLEZ, K. M.; ANZUETO, E. Enfermedades sistémicas que afectan los pulpejos. **Dermatol Ver. Mex**, v. 63, n. 6, p. 576-583, 2019.
- CHURCH, T. S. *et al.* Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. **JAMA**, v. 304, n. 20, p. 2253-62, 2010.
- COOK, K. Clinical implications of diabetes on the foot. **J Athl Train**, v. 32, n. 1, p. 55-58, 1997.
- ELDAKHAKHNY, B. M. *et al.* In-Silico Study of Immune System Associated Genes in Case of Type-2 Diabetes With Insulin Action and Resistance, and/or Obesity. **Frontiers in Endocrinology**, v. 12, p. 641888, 2021.
- FADINI, G. P. *et al.* Prevalence and impact of diabetes among people infected with SARS-CoV-2. **J Endocrinol Invest**, v. 43, p. 867-869, 2020.
- FRANCIS, D. *et al.* Effect of Exercises for Strengthening the Intrinsic Muscles of the Foot and Improving Ankle Mobility on Patients of Diabetic Peripheral Neuropathy. **Cureus**, v. 16, n. 3, p. e56553. 20 Mar. 2024.
- FORBES, J. M; COOPER, M. E. Mechanisms of diabetic complications. **Physiological Reviews**, v. 93, n.1, p. 137-88, 2013.

GARY, T. L. *et al.* Meta-analysis of randomized educational and behavioral interventions in type 2 diabetes. **The Diabetes Educator**, v. 29, n. 3, p. 488-501, 2003.

GLOBAL BURDEN DISEASE STUDY 2019. Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **Lancet (London, England)**, v. 396, 10258 p. 1204-1222, 2020.

GLOBAL BURDEN DISEASE STUDY 2021. Diabetes Collaborators. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. **Lancet (London, England)**, v. 402, 10397, p. 203-234, 2023.

GOLDSMITH, J. R., LIDTKE, R. H., SHOTT, S. The effects of range-of-motion therapy on the plantar pressures of patients with diabetes mellitus. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 92, p. 483-90. 2002.

GUAN W. *et al.* Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. **N Engl J Med**, v. 382, n. 18, p. 1708-1720, 2020.

HILLS, A. P. *et al.* Epidemiology and determinants of type 2 diabetes in south Asia. **The Lancet. Diabetes & Endocrinology**, v. 6, n.12, p. 966-978, 2018.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas**, 9th edn, Brussels, Belgium: International Diabetes Federation; 2019.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas**, 10th edn. Brussels: International Diabetes Federation, 2021.

IUNES, D. H. *et al.* Self-care associated with home exercises in patients with type 2 diabetes mellitus. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, p. 1-13, 2014.

JAFFRI, A. H. *et al.* Evidence for intrinsic foot muscle training in improving foot function: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Athletic Training**, v. 58, n. 11-12, p. 941-951, 2023.

JAFFRI, A. H.; HERTEL, J.; SALIBA, S. Ultrasound examination of intrinsic foot muscles in patients with 1st metatarsophalangeal joint arthrodesis. **Foot (Edinb)**, v.41, p. 79–84, 2019.

JASTIFER, J. R. Intrinsic muscles of the foot: anatomy, function, rehabilitation. **Physical Therapy in Sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine**, v. 61, p. 27-36, 2023.

KHAN, M. A. B. *et al.* Epidemiology of type 2 diabetes - global burden of disease and forecasted trends. **Journal of Epidemiology and Global Health**, v. 10, n.1, p. 107-111, 2020.

KYROU, I. *et al.* Sociodemographic and lifestyle-related risk factors for identifying vulnerable groups for type 2 diabetes: a narrative review with emphasis on data from Europe. **BMC Endocrine Disorders**, v. 20, Suppl 1, p. 134, 2020.

LETTA, S. *et al.* Diabetes knowledge and foot care practices among type 2 diabetes patients attending the chronic ambulatory care unit of a public health hospital in eastern Ethiopia: a cross-sectional study. **BMJ Open**, v. 13, n. 11, p. e070023. Nov. 2023.

Li, B. *et al.* Prevalence and impact of cardiovascular metabolic diseases on COVID-19 in China. **Clin Res Cardiol**, 2020.

LIPPI, G.; PLEBANI, M. Laboratory abnormalities in patients with COVID-2019 infection. **Clin Chem Lab Med**, v. 58, n. 7, p. 1131-1134, 2020.

LYNN, S. K; PADILLA, R. A.; TSANG, K. K. W. Differences in static-and dynamic balance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short-foot exercise versus the towel-curl exercise. **J Sport Rehabil**, v. 21, n. 4, p. 327–333, 2012.

LONGATO, E. *et al.* Diabetes diagnosis from administrative claims and estimation of the true prevalence of diabetes among 4.2 million individuals of the Veneto region (North East Italy). **Nutr Metab Cardiovasc Dis**, v. 30, p. 84-91, 2020.

MCINTOSH, K. **Novel Coronavirus (2019-nCov)**. UpToDate Jan 2020. Disponível em: < <https://www.uptodate.com/contents/coronavirus-disease-2019-covid-19>> Acesso em: 16 jun.2020.

MEHRAVAR, F. *et al.* Associations between diabetes self-management and microvascular complications in patients with type 2 diabetes. **Epidemiology and Health**, v. 38, p. e2016004, 2016.

MCKEON, P. O. *et al.* The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, v. 5 p. 290, 2015.

MCKEON, P. O; Fourchet, F. Freeing the foot: integrating the foot core system into rehabilitation for lower extremity injuries. **Clinics in Sports Medicine**, v. 34, n. 2, p. 347-61, 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção Especializada à Saúde (SAES). **Protocolo de manejo clínico para o novo coronavírus (2019-nCoV)**. Brasília, DF: MS, 2020. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2020/fevereiro/11/protocolo-manejo-coronavirus.pdf>> Acesso em: 16 jun. 2020.

Schaper, N. C. *et al.* Diretrizes do IWGDF sobre a prevenção e o tratamento de pé diabético. **IWGDF Guideline**. Holanda. 2019.

ONDER, G. *et al.* Case-fatality rate and characteristics of patients dying in relation to COVID-19 in Italy. **JAMA**, v.323, n. 18, p. 1775-1776, 2020.

POWERS, M. A. *et al.* Diabetes self-management education and support in adults with type 2 diabetes: a consensus report of the American Diabetes Association, the Association of Diabetes Care & Education Specialists, the Academy of Nutrition and Dietetics, the American Academy of Family Physicians, the American Academy of PAs, the American Association of Nurse Practitioners, and the American Pharmacists Association. **Diabetes Care**, v. 43, n. 7, p.1636-1649, 2020.

ROSSBOTH, S. *et al.* Risk factors for diabetic foot complications in type 2 diabetes- a systematic review. **Endocrinol Diabetes Metab**, v. 4, n. 1, p. e00175, 2020.

RUTTEN, G. E. H. M.; ALZAID, A. Person-centred type 2 diabetes care: time for a paradigm shift. **The Lancet. Diabetes & Endocrinology**, v. 6, n. 4, p. 264-266, 2018.

SACCO, I. C. N. *et al.* Avaliação das perdas sensório-motoras do pé e tornozelo decorrentes da neuropatia diabética. **Rev bras Fisioter**, v. 11, n. 1, p. 27-33, 2007.

SARTOR, C. D. *et al.* Effects of a combined strengthening, stretching and functional training program versus usual-care on gait biomechanics and foot function for diabetic neuropathy: a randomized controlled trial. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 13, p. 36. Mar. 2012.

SCHAPER, N. C. *et al.* Practical guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease (IWGDF 2019 update). **Diabetes/Metabolism Research and Reviews**, v. 36 Suppl 1, p. e3266, 2020.

SIGAL, R. J. *et al.* Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. **Annals of Internal Medicine**, v. 147, n. 6, p. 357-69, 2007.

TINAJERO, M. G.; MALIK, V. S. An update on the epidemiology of type 2 diabetes: a global perspective. **Endocrinology and Metabolism Clinics of North America**, v. 50, n. 3, p. 337-355, 2021.

VAN DEURSEN, R. Mechanical loading and off-loading of the plantar surface of the diabetic foot. **Clin Infect Dis**, v. 39, Suppl 2, p. S87-S91, 2004.

WEARING, S. C. *et al.* The pathomechanics of plantar fasciitis. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 36, n. 7, p. 585-611, 2006.

WILLIAMS, R. *et al.* Global and regional estimates and projections of diabetes-related health expenditure: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 162, p. 108072, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Rolling updates on coronavirus disease (COVID-19)**. Geneva, WHO, 2020. Disponível em: [dhttps://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019?gclid=EAlalQobChMlr9Ks562J6gIVTwmRCh1RbwgjEAAYASAAEgK_V_D_BwE](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019?gclid=EAlalQobChMlr9Ks562J6gIVTwmRCh1RbwgjEAAYASAAEgK_V_D_BwE).

WROBEL, J. S.; NAJAFI, B. Diabetic foot biomechanics and gait dysfunction. **J Diabetes Sci Technol**, v. 4, n. 4, p. 833-845, 2010.

WU, Z.; MCGOOGAN, J. M. Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72 314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. **JAMA**, v. 323, n. 13, p. 1239-1242, 2020.

ZHANG, J. J. *et al.* Clinical characteristics of 140 patients infected with SARSCoV- 2 in Wuhan, China. **Allergy**, v. 00, p. 1-12, 2020.

YANG, J. K. *et al.* Plasma glucose levels and diabetes are independent predictors for mortality and morbidity in patients with SARS. **Diabet Med**, v. 23, n. 6, p. 623-628, 2006.

YEDJOU, C. G. *et al.* The management of diabetes mellitus using medicinal plants and vitamins. **International Journal of Molecular Sciences**, v.24, n. 10, p. 9085, 2023.

ZAOTTINI, F. *et al.* Ultrasound of the plantar foot: a guide for the assessment of plantar intrinsic muscles. **Journal of ultrasonography**, v. 23, n. 94, p. e151-e160, 2023.

ZELIK, K. E. *et al.* Coordination of intrinsic and extrinsic foot muscles during walking. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 4, p. 691-701, 2015.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa - **“ANÁLISE DO FEEDFORWARD, ELETROMIOGRAFIA E FORÇA MUSCULAR EM VOLUNTÁRIOS DO GRUPO DE RISCO PARA COVID-19 SUBMETIDOS A UM PROTOCOLO DE EXERCÍCIOS DOMICILIARES: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO, CONTROLADO, CROSS OVER”**, no caso de você concordar em participar, favor assinar ao final do documento. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador(a) ou com a instituição. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador(a) principal, podendo tirar dúvidas do projeto e de sua participação.

TÍTULO DA PESQUISA: ANÁLISE DO FEEDFORWARD, ELETROMIOGRAFIA E FORÇA MUSCULAR EM VOLUNTÁRIOS DO GRUPO DE RISCO PARA COVID-19 SUBMETIDOS A UM PROTOCOLO DE EXERCÍCIOS DOMICILIARES: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO, CONTROLADO, CROSS OVER.

PESQUISADORA RESPONSÁVEL: Roberta de Oliveira e Silva

PESQUISADOR PARTICIPANTE: Leonardo César Carvalho

ENDEREÇO: Av. Jovino Fernandes de Sales, 2600 - Santa Clara, Alfenas/MG

TELEFONE: (35) 3701-1921

OBJETIVOS: O objetivo do estudo é analisar o tempo que seu músculo leva para se contrair depois que você ver um estímulo visual, também será avaliado a força dos músculos de cada dedo de seus pés. Além disso, você subirá numa plataforma em que avaliaremos seu equilíbrio quando você está em pé. Em conjunto você será orientado a realizar alguns exercícios em casa para o fortalecimento dos músculos dos pés.

JUSTIFICATIVA: Nós acreditamos que essa nova forma de fortalecimento muscular dos dedos do pé ajudará as pessoas diabéticas em diminuir os problemas relacionados a problemas no local como o pé diabético. Além disso, usaremos a realidade virtual (*Physioplay*) que será instalado em sua residência e o ajudará a realizar os exercícios sem o contato com o pesquisador devido à pandemia.

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO: Caso aceite participar desta pesquisa

gostaríamos que soubesse que você será avaliado(a) no Studio Pilates Roberta Oliveira através de perguntas sobre sua saúde e que serão realizadas medidas de peso, altura e pressão arterial. Você irá responder um questionário que avalia os sintomas neurológicos como fraqueza muscular e falta de sensibilidade nos pés. Além disso, serão realizadas coletas de dados através de aparelhos não invasivos que avaliam a força dos músculos dos pés e o equilíbrio do seu corpo. Na sua residência será instalado um computador com um programa que vai nos permitir avaliar o tempo que seu músculo leva para responder a um estímulo e seu equilíbrio nos movimentos de abdução de quadril que é levantar a perna de lado.

Você será instruído a realizar exercícios em casa com os pés três vezes por semana durante 30 minutos, totalizando 20 sessões. Serão duas etapas de exercícios: um com todos os dedos do pé juntos e outra com cada dedo do pé separadamente “como se fosse enrolar uma toalha com o pé”. O computador instalado na sua residência irá nos ajudar a te orientar a fazer os exercícios corretamente.

Após as 20 sessões você será avaliado novamente no Studio Pilates Roberta Oliveira e descansará por 2 meses. Após esse período será avaliado de forma presencial novamente e realizará mais 20 sessões de exercícios, sendo avaliado de forma presencial quando completar essa nova etapa de exercícios.

BENEFÍCIOS ESPERADOS: Esperamos que após os exercícios realizados por você ocorra um aumento na força dos músculos de seus pés, melhore seu equilíbrio e diminua o tempo que seu músculo leva para responder a um estímulo visual.

RISCOS: **Você poderá apresentar desconforto muscular como dor e fadiga nos músculos do pé. Se isso acontecer iremos oferecer orientações sobre alongamentos e descanso por tempo prolongado via internet e caso necessário analgesia por meio de recurso terapêuticos com eletroestimulação transcutânea (TENS) e ultrassom pessoalmente.**

MEDIDAS MINIMIZADORAS: Devido a pandemia do COVID-19 tomaremos medidas de distanciamento físico de 1,5 m entre pesquisador e participante, entrevistas em locais arejados, uso obrigatório de máscaras/ EPIs para pesquisador e participante, desinfecção com álcool gel entre cada procedimento de aparelhos e higienização das mãos para pesquisador e participante nas avaliações presenciais.

CUSTO/REEMBOLSO PARA O PARTICIPANTE: Não haverá nenhum gasto

com sua participação. As consultas, exames e tratamentos serão totalmente gratuitos, não recebendo nenhuma cobrança com o que será realizado. Você também não receberá nenhum pagamento com a sua participação, mas garantimos o ressarcimento de todos os seus gastos e de seu acompanhante decorrentes da pesquisa. Garantimos a expressa liberdade de retirar o consentimento, sem qualquer prejuízo da continuidade do acompanhamento/tratamento usual.

CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA: Há garantia de sigilo da identidade dos voluntários envolvidos na pesquisa, os dados não serão divulgados.

Assinatura do Pesquisador Responsável: _____

Eu,

_____’,
declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado(a) pelo pesquisador(a) **ROBERTA DE OLIVEIRA E SILVA** dos procedimentos que serão utilizados, riscos e desconfortos, benefícios, custo/reembolso dos participantes, confidencialidade da pesquisa, concordando ainda em participar da pesquisa. Foi-me garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento. Poderei consultar o pesquisador responsável ou o CEP UNIFAL-MG, com endereço na Universidade Federal de Alfenas, Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, Cep - 37130-000, Fone: (35) 3299-1318, no e-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br sempre que entender necessário obter informações ou esclarecimentos sobre o projeto de pesquisa e minha participação no mesmo. Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados.

Assinatura do participante: _____

Alfenas, _____ de _____ de 202_.

APÊNDICE B**FICHA DE AVALIAÇÃO**

AVALIAÇÃO Nº _____ DATA ___/___/___ CONTROLE INTERVENÇÃO

IDENTIFICAÇÃO:

Nome: _____ Sexo: _____

Cintura: _____ Quadril: _____

Idade: _____ Peso: _____ Altura: _____ IMC: _____

Destro: Canhoto:

Estado _____ Civil: _____

Profissão: _____

Endereço: _____

Cidade: _____ Estado: _____ CEP: _____

Telefone.: () _____

Teve COVID-19? sim não

HISTÓRIA CLÍNICA:

Tempo de Diabetes tipo 2: _____

Outras patologias associadas: _____

Medicamentos em uso: _____

Etilismo: sim não Tabagismo: sim não

Atividade física: sim não qual? _____

Sinais vitais

SpO₂: _____ PA: _____

OXIMETRIA

DEDOS	1	2	3	4	5
PÉ DIREITO					
PÉ ESQUERDO					

ANEXO A

TERMO DE APROVAÇÃO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE POÇO FUNDO/MG

Poço Fundo, 03 de dezembro de 2021

Excelentíssimo Senhor Rosiel de Lima
Digníssimo Prefeito do Município de Poço Fundo/MG

Eu, Roberta de Oliveira e Silva, CPF 037.536.096-41, discente de Doutorado em Biotécnicas Aplicadas à Saúde da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), matrícula 2020.2.222.003, telefone (35) 99936-2355, e-mail robs1006oliveira@gmail.com ou roberta.silva@sou.unifal-mg.edu.br, venho por meio deste, solicitar a Vossa Excelência a concessão do espaço e a parceria para realizar a pesquisa "Análise do feedforward, eletromiografia e força muscular em voluntários do grupo de risco para COVID-19 submetidos a um protocolo de exercícios domiciliares: ensaio clínico randomizado, controlado, cross over", contribuindo para a qualidade de vida e cuidados com os pés de pacientes diabéticos tipo II do município. Esta pesquisa se justifica pois a Diabetes Mellitus tipo II é uma condição de prevalência mundial estando entre as 10 maiores causas de morbimortalidade no Brasil e acarretando altos custos ao sistema de saúde. Através desta pesquisa pode-se levar os cuidados com os pés à população acometida acarretando melhora da qualidade de vida, melhora da circulação periférica e a diminuição do risco de amputações de membros. Devido a importância desta patologia foi lançado em abril/2021 na Cúpula Global da Diabetes, o novo pacto global da Organização Mundial da Saúde (OMS) que tem por objetivo impulsionar os esforços para prevenir a diabetes e levar o tratamento a todas as pessoas que precisam.

Nestes Termos
P. Deferimento

*Até junho
para análise e
processo*

Prefeitura Municipal de Poço Fundo
Protocolo nº 1.519
Liv. 09
Data 03/12/21 Horário 15:58
Rosiel de Lima
Assinatura

Roberta
Ms. Roberta de Oliveira e Silva
Fisioterapeuta – CREFITO: 90870 F

ANEXO B

APROVAÇÃO DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALFENAS

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DO FEEDFOOWARD, ELETROMIOGRAFIA E FORÇA MUSCULAR EM VOLUNTÁRIOS DO GRUPO DE RISCO PARA COVID-19 SUBMETIDOS A UM PROTOCOLO DE EXERCÍCIOS DOMICILIARES: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO, CONTROLADO, CROSS OVER

Pesquisador: Roberta de Oliveira e Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 36899320.7.0000.5142

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.355.736

Apresentação do Projeto:

Projeto de doutorado, com financiamento próprio e sem conflito de interesse identificável. Trata-se de um ensaio clínico randomizado, controlado e cross-over.

O objetivo do estudo é analisar o tempo de resposta motora a um estímulo específico (feedforward) por meio de um sistema virtual de avaliação (PhysioPlay), eletromiografia e força dos músculos intrínsecos flexores do pé e propriocepção no movimento de abdução do quadril em voluntários diabéticos tipo II que compõe o grupo de risco para COVID-19 submetidos a um plano domiciliar de exercícios físicos.

O estudo será realizado no Studio Roberta Oliveira, no município de Poço Fundo/MG e a amostra será composta por voluntários, de 20 a 70 anos, recrutados por convite no município de Poço Fundo/MG e , redes sociais. Após coleta inicial de dados, os voluntários serão randomizados em dois grupos: grupo seletivo (GS), que realizará o procedimento de fortalecimento de forma seletiva para a musculatura flexora intrínseca e extrínseca do pé por meio de uma nova técnica e Grupo controle (GC), que realizará o uso da técnica tradicional para o fortalecimento da musculatura flexora intrínseca e extrínseca do pé e grupo controle (GC). Os mesmos serão reavaliados (feedforward) semanalmente por meio realidade virtual imersiva, utilizando o dispositivo PhysioPlay. Os voluntários deverão cumprir no mínimo três momentos

Continuação do Parecer: 4.355.736

semanais da prática do protocolo de exercícios domiciliares e serão monitorados por meio do sistema virtual. Após 20 dias de prática serão reavaliados e cumprirão em seguida um período wash out de dois meses, após isto serão realocados de modo cross over.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do estudo é analisar o feedforward, eletromiografia e força muscular em voluntários que compõe o grupo de risco para COVID-19 submetidos a um plano domiciliar de exercícios físicos.

Os objetivos são claros e exequíveis

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os voluntários poderão apresentar desconforto muscular como dor e fadiga na musculatura analisada. Para o voluntário que, por ventura, se apresente nessa condição serão ofertados alongamentos, analgesia e descanso por tempo prolongado.

Benefícios:

Espera-se que após o uso das técnicas ocorra um aumento nos percentuais de dinamometria e atividade elétrica neuromuscular e tempo de resposta motora da musculatura em análise para a intervenção seletiva.

Os riscos são adequados e as medidas minimizadoras são coerentes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Metodologia da pesquisa – atualizada e adequada aos objetivos do projeto;

Referencial teórico da pesquisa – atualizado e suficiente para aquilo que se propõe;

Cronograma de execução da pesquisa – coerente com os objetivos propostos (início previsto para março de 2021).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- a. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) – Presente e adequado.
 - b. Termo de Assentimento (TA) – Não se aplica
 - c. Termo de Assentimento Esclarecido (TAE) – Não se aplica
 - d. Termo de Compromisso para Utilização de Dados e Prontuários (TCUD) – Não se aplica
 - e. Termo de Anuência Institucional (TAI) – Presente e adequado.
 - f. Folha de rosto - Presente e adequada
-

g. Projeto de pesquisa completo e detalhado - Presente e adequado

h. Termo de compromisso para execução de atividades de pesquisa em tempos de pandemia presente e adequado.

Recomendações:

Não há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Recomenda-se aprovação do projeto

Considerações Finais a critério do CEP:

A Coordenação deste CEP emite parecer ad referendum.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1613490.pdf	24/09/2020 09:37:58		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_CEP_24_09_20.docx	24/09/2020 09:37:40	Roberta de Oliveira e Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_24_09_20.docx	24/09/2020 09:37:11	Roberta de Oliveira e Silva	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_CEP_23_09_20.docx	24/09/2020 09:36:57	Roberta de Oliveira e Silva	Aceito
Outros	Termo_Compromisso_CEP.doc	21/08/2020 19:05:31	Roberta de Oliveira e Silva	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	17/08/2020 12:26:09	Roberta de Oliveira e Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AUTORIZ_PROJETO.pdf	17/08/2020 12:05:48	Roberta de Oliveira e Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700
Bairro: centro **CEP:** 37.130-001
UF: MG **Município:** ALFENAS
Telefone: (35)3701-9153 **Fax:** (35)3701-9153 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALFENAS



Continuação do Parecer: 4.355.736

ALFENAS, 22 de Outubro de 2020

Assinado por:
Angel Mauricio Castro Gamero
(Coordenador(a))