

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DOM BOSCO
CURSO FISIOTERAPIA

LARA REGINA MAIA FEITOSA

**EFEITOS DA CINESIOTERAPIA NA FORÇA MUSCULAR E EQUILÍBRIO DE
DIABÉTICOS COM NEUROPATIA PERIFÉRICA: Uma revisão de literatura**

São Luís

2023

LARA REGINA MAIA FEITOSA

**EFEITOS DA CINESIOTERAPIA NA FORÇA MUSCULAR E EQUILÍBRIO DE
DIABÉTICOS COM NEUROPATIA PERIFÉRICA: Uma revisão de literatura**

Monografia apresentada ao Curso de
Fisioterapia do Centro Universitário
Unidade de Ensino Superior Dom Bosco
como requisito parcial para obtenção do
grau de Bacharel em Fisioterapia
Orientador: Prof. Me. Adelzir Malheiros e
Silva Carvalho Barbosa Haidar

São Luís
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Centro Universitário – UNDB / Biblioteca

Feitosa, Lara Regina Maia

Efeitos da cinesioterapia na força muscular e equilíbrio de diabéticos com neuropatia periférica; uma revisão de literatura. / Lara Regina Maia Feitosa. São Luís, 2023.
64 f.

Orientador: Prof. Me. Adelzir Malheiros e Silva Carvalho
Barbosa Haidar

Monografia (Graduação em Fisioterapia) - Curso de Fisioterapia – Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB, 2023.

Cinesioterapia. 2. Neuropatias diabéticas. 3. Força muscular. 4. Exercícios terapêuticos. I. Título.

LARA REGINA MAIA FEITOSA

**EFEITOS DA CINESIOTERAPIA NA FORÇA MUSCULAR E EQUILÍBRIO DE
DIABÉTICOS COM NEUROPATIA PERIFÉRICA: Uma revisão de literatura**

Monografia apresentada ao Curso de
Fisioterapia do Centro Universitário
Unidade de Ensino Superior Dom Bosco
como requisito parcial para obtenção do
grau de Bacharel em Fisioterapia

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Adelzir Malheiros e Silva Carvalho Barbosa Haidar

Mestre em Saúde do Adulto (UFMA, 2013)

Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco (UNDB)

Prof. Me. Maria Erivânia Alves de Araújo

Mestre em Ciência da Motricidade Humana (UCB, 2010)

Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco (UNDB)

Prof. Me. Denise Carvalho Torres

Especialista em Fisioterapia em Unidade de Terapia Intensiva (INSPIRAR, 2018)

Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco (UNDB)

Dedico à minha família e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para enfrentar os desafios desse ano.

À minha mãe, Regina Maia, por todo o esforço e dedicação que fez para me dar as melhores condições de educação possíveis, por sempre acreditar em mim, incentivar meus sonhos e ser meu maior exemplo de liderança, competência e amor.

À minha família por todo apoio e em especial à minha avó, Deuzuith, e a minha madrinha, Vanda, que foram pessoas fundamentais ao longo da minha vida, dando suporte, atenção e incentivo em todos os momentos em que precisei.

Aos meu grupo de amigos que a faculdade proporcionou, por serem verdadeiros companheiros nessa jornada acadêmica e por terem sido essenciais para que eu conseguisse cumprir toda a rotina de estágio, aulas e trabalhos.

Um agradecimento especial às minhas amigas, Pâmela Melônio e Camila Mendes, por todo apoio, companheirismo, incentivo e motivação ao longo dessa caminhada, sem elas eu provavelmente teria trancado o curso.

Aos meus colegas de turma, por todos os momentos compartilhados ao longo desses cinco anos de formação.

A todos os professores do curso de fisioterapia, sem dúvidas cada um deixou algo essencial para a minha formação acadêmica e profissional.

À minha orientadora, Adelzir Malheiros, por toda disponibilidade, atenção e ajuda dada durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho.

“A condição natural dos corpos não é repouso, mas o movimento.”
(Galileu Galilei).

RESUMO

A neuropatia periférica é uma das principais complicações crônicas do diabetes mellitus, sendo caracterizada pelo comprometimento progressivo das fibras do sistema nervoso periférico, causando déficits sensório motores, como o desenvolvimento de parestias e déficits de equilíbrio. Diante disso, a fisioterapia se insere no tratamento dessa condição visando a reabilitação e manutenção das capacidades funcionais, podendo se valer dos exercícios terapêuticos e de suas diversas modalidades de treinamento. Desse modo, este estudo objetiva analisar os efeitos da cinesioterapia na força muscular e no equilíbrio de pacientes diabéticos com neuropatia periférica. Este estudo trata-se de uma revisão de literatura de caráter exploratório e descritivo, com abordagem qualitativa. Para tanto foi realizada a busca de artigos dos últimos cinco anos através das bases de dados Medline, Cochrane e PEDro. Ao final do processo de leitura, avaliação e exclusão, foram selecionados 11 ensaios clínicos randomizados originais. Os dados encontrados demonstraram que os exercícios resistidos e aeróbicos são capazes de aumentar a ativação e a força muscular. Além disso, junto ao treino proprioceptivo, o treino de fortalecimento do Core também se mostrou eficaz no aumento do equilíbrio estático e dinâmico. Sendo assim, pode-se concluir que a cinesioterapia trouxe efeitos positivos para a força muscular e o equilíbrio, ascendendo a importância da atuação fisioterapêutica no manejo da neuropatia periférica diabética.

Palavras-chave: Neuropatias Diabéticas. Força Muscular. Equilíbrio Postural. Exercícios Terapêuticos.

ABSTRACT

Peripheral neuropathy is one of the main chronic complications of diabetes mellitus, characterized by the progressive impairment of the fibers of the peripheral nervous system, causing sensorimotor deficits, such as the development of paresis and balance deficits. Therefore, physiotherapy is part of the treatment of this condition aiming at the rehabilitation and maintenance of functional capabilities and can make use of therapeutic exercises and their various training modalities. Therefore, this study aims to analyze the effects of kinesiotherapy on muscle strength and balance in diabetic patients with peripheral neuropathy. This study is an exploratory and descriptive literature review, with a qualitative approach. To this end, a search for articles from the last five years was carried out through the Medline, Cochrane and PEDro databases. At the end of the reading, evaluation, and exclusion process, 11 original randomized clinical trials were selected. The data found demonstrated that resistance and aerobic exercises are capable of increasing muscle activation and strength. Furthermore, along with proprioceptive training, Core strengthening training has also been shown to be effective in increasing static and dynamic balance. Therefore, it can be concluded that kinesiotherapy brought positive effects on muscular strength and balance, increasing the importance of physiotherapeutic action in the management of diabetic peripheral neuropathy.

Keywords: Diabetes Mellitus. Diabetic Neuropathies. Muscle strength. Postural Balance. Therapeutic Exercise.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Diferentes padrões clínicos da neuropatia diabética.....	24
Figura 2- Fluxograma do processo de seleção da amostra.....	32
Quadro 1- Síndromes clínicas devido à neuropatia periférica autonômica.....	25
Quadro 2- Escore de Sintomas Neuropáticos (ESN).....	26
Quadro 3- Dados coletados em cada artigo selecionado	33
Tabela 1- Critérios laboratoriais para diagnóstico de DM2 e pré-diabetes.....	16
Tabela 2- Escore de Comprometimento Neuropático (ECN).....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVC	Acidente Vascular Cerebral
CAD	Cetoacidose diabética
COP	Centro de Pressão
DAC	Doença Arterial Coronariana
DAP	Doença Arterial Periférica
DCNT	Doença Crônica Não Transmissível
DM	Diabetes Mellitus
DM1	Diabetes Mellitus tipo 1
DM2	Diabetes Mellitus tipo 2
ECN	Escore de Comprometimento neuropático
EEB	Escala de Equilíbrio de Berg
EHH	Estado Hiperglicêmico Hiperosmolar
ESN	Escore de Sintomas Neuropáticos
FRS	Forças de Reação ao Solo
HbA1c	Hemoglobina glicada
IDF	<i>International Diabetes Federation</i>
IMC	Índice de Massa Corporal
NP	Neuropatia Periférica
OMS	Organização Mundial da Saúde
PSD	Polineuropatia Simétrica Distal
TC6M	Teste de caminhada de seis minutos
TOTG	Teste Oral de Intolerância à Glicose
TSL5	Teste de Sentar e Levantar de Cinco Repetições
TUG	Timed Up and Go

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Diabetes Mellitus	15
2.1.1 Diagnóstico	16
2.1.2 Epidemiologia	17
2.1.3 Fisiopatologia	18
2.1.3.1 <i>Fisiologia do Pâncreas</i>	18
2.1.3.2 <i>Fisiopatologia da diabetes tipo 1</i>	19
2.1.3.3 <i>Fisiopatologia da diabetes tipo 2</i>	20
2.1.4 Complicações associadas	21
2.1.4.1 <i>complicações agudas</i>	21
2.1.4.2 <i>Complicações crônicas</i>	21
2.2 Neuropatia periférica diabética	23
2.2.1 Classificação.....	23
2.2.2 Diagnóstico.....	25
2.2.3 Relação da neuropatia periférica com a força muscular	27
2.2.4 Relação da neuropatia periférica com a estabilidade	28
3 OBJETIVOS	30
4 METODOLOGIA	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE- ARTIGO	50

1 INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) se classifica como uma Doença Crônica Não Transmissível (DCNT) de alta prevalência, sendo assim considerada uma epidemia global. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), ao contrário de outras doenças não transmissíveis, o DM ainda segue como um desafio urgente para a sociedade devido ao aumento do número de pacientes graves, hospitalização e mortalidade nas últimas décadas. Colaborando com essa perspectiva, as pesquisas nacionais de saúde de 2013 e 2019 evidenciaram um aumento significativo da prevalência de DM no Brasil, refletindo no aumento percentual de custos para o sistema público através de medicamentos, exames e previdência social, por aposentadorias precoces ou afastamento do trabalho (Malta et al., 2022). Os gastos também estão diretamente associados ao aumento da frequência de complicações crônicas do DM, que trazem o agravamento do estado de saúde e, conseqüentemente, maior necessidade de assistência (Saraiva et al., 2016).

O estado de hiperglicemia crônica do DM desencadeia alterações metabólicas que culminam no desenvolvimento de complicações macrovasculares, como doenças cardíacas, e microvasculares, como a retinopatia, a nefropatia, a insuficiência renal e a neuropatia diabética (Figueiredo et al., 2021). A Neuropatia Periférica (NP) associada ao diabetes é uma condição caracterizada por um conjunto de síndromes clínicas ou subclínicas que envolvem o comprometimento de fibras nervosas do sistema nervoso periférico somático e autônomo, sendo a neuropatia sensorio-motora sua forma mais prevalente (Nascimento; Pupe; Cavalcanti, 2016). A NP acomete mais de 50% dos pacientes diabéticos ainda que de forma assintomática, pois seu desenvolvimento é progressivo e por muitas vezes insidioso dependendo do tempo da doença e do controle glicêmico de cada paciente (Vasco et al., 2019).

O acometimento progressivo das fibras nervosas periféricas resulta em diversos sintomas que variam entre hiperalgesia, parestesias, formigamento, queimação, pontadas, parestesias e até mesmo disfunções viscerais (Dias, Carneiro 2000). Os prejuízos sensorio-motores são as queixas mais frequentes e que mais influenciam na funcionalidade dos pacientes, visto que refletem negativamente nos mecanismos de manutenção do equilíbrio estático e controle postural, devido à diminuição do feedback sensitivo plantar (Sales; Souza; Cardoso, 2012). Além disso,

o comprometimento nervoso periférico incide no grau de inervação muscular, ou seja, prejudica diretamente o processo de ativação muscular, refletindo no desenvolvimento progressivo de paresias (Mantovani et al., 2015). Como consequência da junção dos déficits de força e de sensibilidade, o equilíbrio dinâmico também é prejudicado, sendo assim, os indivíduos passam a apresentar maior oscilação ao deambular, demandando maior tempo em cada fase da marcha (Martinelli et al. 2014)

O quadro clínico e funcional da NP demanda um acompanhamento multidisciplinar com medidas de prevenção, controle e reabilitação. A fisioterapia se insere nesse contexto visando o retardo das complicações motoras e sensitivas, atuando através de recursos próprios, como por exemplo a cinesioterapia, que é uma modalidade baseada no movimento, se valendo através de alongamentos, mobilizações, exercícios ativos livres e exercícios resistidos, que podem ser trabalhados em treinos isolados ou combinados (Gomes et al., 2007).

A cinesioterapia é bastante utilizada como parte da prevenção e tratamento de alterações associadas comuns, como a rigidez articular e as contraturas musculares (Longoria; Arias, 2002). Além disso, os exercícios terapêuticos têm se mostrado aliados no controle glicêmico de diabetes e promotora de ganhos funcionais nesses indivíduos (Camacho, 2023).

Considerando as complicações e os impactos funcionais causados pela neuropatia periférica, percebe-se que a fisioterapia pode se inserir como parte do tratamento de diabéticos visando a reabilitação e redução desses prejuízos. A partir dessa problemática, esse trabalho se guiará pela seguinte investigação: quais os efeitos da atuação fisioterapêutica, através da cinesioterapia, na força muscular e no equilíbrio de pacientes diabéticos adultos com neuropatia periférica?

Diante da pergunta apresentada, o objetivo geral desta pesquisa é analisar os resultados descritos na literatura acerca dos efeitos da cinesioterapia na força muscular e equilíbrio de pacientes adultos com neuropatia periférica. Para tanto, se faz necessário os seguintes objetivos específicos: identificar como a neuropatia periférica se relaciona com a força muscular e o equilíbrio, investigar os efeitos das diferentes modalidades de exercício na neuropatia periférica diabética e interpretar os dados encontrados nos estudos.

A elaboração desse trabalho tem como motivação a necessidade de acender o papel da fisioterapia no cuidado do paciente diabético, já que essa

doença trás diversas complicações que prejudicam a capacidade motora, sensitiva e funcional desses indivíduos. Além disso, considerando os índices crescentes de prevalência mundial do DM, percebe-se que cada vez mais pessoas irão apresentar comorbidades associadas à diabetes, como a NP. Sendo assim, se faz necessário fomentar a investigação científica na área, agregando conhecimento, possibilidades e condutas fisioterapêuticas adequadas para as consequências funcionais da neuropatia periférica diabética.

A presente pesquisa trata-se de uma revisão de literatura qualitativa. Os dados foram obtidos através da pesquisa bibliográfica nas bases de dados: *Cochrane library*, *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE) e *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) utilizando os descritores: Neuropatia diabética, cinesioterapia, exercícios, força e equilíbrio.

Este trabalho está dividido em sessões. Na primeira o referencial teórico é apresentado para explicação dos tipos, diagnóstico, epidemiologia, fisiopatologia e complicações do DM, assim como também, para demonstrar a classificação da NP e sua relação com a força muscular e equilíbrio dos pacientes. Em seguida, há o detalhamento da metodologia, contando com critérios de inclusão e exclusão, processo de coleta, análise, interpretação e apresentação dos dados. Por fim, são apresentados os resultados e discussão da pesquisa, trazendo a interpretação das informações coletadas e a associação delas com outros achados da literatura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Diabetes mellitus

O Diabetes Mellitus (DM) é uma doença caracterizada pelo estado de hiperglicemia crônica que ocorre devido a um conjunto de distúrbios metabólicos relacionados à produção, secreção e ação da insulina no organismo (*American Diabetes Association*, 2011). O DM pode ser classificado em tipos de acordo com sua etiopatogenia, o Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1) está relacionado ao déficit de produção da insulina em virtude de um processo autoimune, onde as células beta-pancreáticas, que são responsáveis pela produção de insulina, são destruídas, prejudicando a absorção de glicose pelas células e aumentando suas taxas no sangue (Da Costa; Moreira, 2021). É o tipo mais frequente na faixa etária infantojuvenil e necessita de tratamento imediato com aplicação de insulina exógena após o diagnóstico (Rodacki et al., 2022).

Por outro lado, o Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) está ligado ao desenvolvimento de resistência à insulina nos tecidos, acumulando glicose na corrente sanguínea, devido a fatores genéticos e, sobretudo, a fatores ambientais como hábitos alimentares, sedentarismo, tabagismo e estresse (Castro-Juárez et al., 2017). A interação desses fatores leva a maior suscetibilidade da doença, resultando em alterações metabólicas e compensatórias que levam ao prejuízo na ação da insulina no organismo (Arsa et al., 2009). Tendo isso em vista, a prevenção e o tratamento do DM2 focam na intervenção dos fatores modificáveis, através da redução do sobrepeso/ obesidade, acompanhamento nutricional, atividade física e mudanças no estilo de vida (Lyra et al., 2006). O tratamento também é realizado pela via farmacológica através de fármacos orais.

Além destes dois tipos principais, ainda há a diabetes gestacional, que ocorre em razão de um processo de resistência à insulina desenvolvido e detectado primeiramente durante a gravidez (Bougherara et al. 2018) e outros tipos de diabetes relacionados a defeitos genéticos, infecções, pancreatites, endocrinopatias e uso de drogas (Rodacki et al.,2022).

2.1.1 Diagnóstico

O diagnóstico do DM pode ser realizado a partir de exames laboratoriais que permitem a identificação da hiperglicemia no sangue, como o de glicemia plasmática de jejum, o Teste de Tolerância Oral à Glicose (TOTG) e a dosagem de hemoglobina glicada (HbA1c) (Streck; Tomasi, 2023). As recomendações diagnósticas atuais estabelecem que pelo menos dois exames precisam estar alterados para que haja confirmação da doença, sendo sempre necessário considerar a interferência de fatores clínicos para interpretação dos mesmos (Cobas et al., 2022). Os critérios laboratoriais de diagnóstico estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios laboratoriais para diagnóstico de DM2 e pré-diabetes.

Critérios	Normal	Pré-DM	DM2
Glicemia de jejum (mg/dl)*	< 100	100 a < 126	≥ 126
Glicemia ao acaso (mg/dl)	-	-	≥ 200
Glicemia duas horas após TOTG (mg/dl)**	< 140	140 a < 200	≥ 200
HbA1c(%)	< 5,7	5,7 a < 6,5	≥ 6,5

Fonte: Cobas et al. (2022)

O exame de glicemia em jejum costuma ser o mais utilizado para rastreio e diagnóstico do diabetes, nele o paciente é orientado a permanecer em jejum de pelo menos oito horas antes da coleta do sangue periférico, e somente valores abaixo de 100 mg/dL são considerados dentro da normalidade. (Sá; Alves; Navas, 2014). Apesar de demandar mais tempo, o TOTG também é um exame largamente aplicado, ele visa avaliar as condições metabólicas do paciente através da análise glicêmica após sobrecarga oral de glicose. As coletas para dosagem são realizadas em tempos intercalados que variam de 30 a 120 minutos e valores acima de 140 mg/dL já apontam para a necessidade de acompanhamento (Streck; Tomasi, 2023).

Ademais, a dosagem de HbA1c vem sendo bastante empregada no diagnóstico e avaliação do DM por conseguir representar a taxa média do controle glicêmico diário de, aproximadamente, 3 meses (Bem; Kunde, 2006). A hemoglobina glicada é resultante da ligação entre a hemoglobina, principal componente das hemácias sanguíneas, e a glicose, sendo assim, a dosagem de HbA1c fornece uma medida proporcional ao tempo de vida das hemácias e à média glicêmica presente no sangue (Netto et al., 2009). Apesar de algumas controvérsias quanto a aplicação desse exame como um método de diagnóstico, taxas de HbA1c acima de 6,5 % já estão sendo empregadas para identificar o DM (Sá; Alves; Navas, 2014).

Sinais clássicos de diabetes como a poliúria, polidipsia e fadiga (Rojas; Molina; Rodríguez, 2012) podem passar despercebidos ou não serem marcantes, sendo assim, indivíduos assintomáticos podem passar longos períodos em um modo de pré-diabetes ou diabetes sem ter o acompanhamento necessário, levando a maiores complicações e comorbidades associadas. Essa perspectiva traz a importância do rastreamento do DM na população para prevenção e controle da doença. Dentre os principais fatores de risco que devem ser considerados para iniciar o rastreamento estão: indivíduos acima de 45 anos; sedentarismo; história familiar pregressa de diabetes; hipertensão; síndrome do ovário policístico; colesterol HDL menor que 35 mg/dl e/ou triglicérides acima de 250 mg/dl; história pregressa de doença vascular; sobrepeso ou obesidade identificados com Índice de Massa Corporal (IMC) acima de 25 kg/m² e intolerância à glicose previamente detectada (*American Diabetes Association, 2003*)

2.1.2 Epidemiologia

O DM é uma DCNT que faz parte do grupo das maiores emergências de saúde em crescimento no mundo. Segundo dados da *International Diabetes Federation* (IDF, 2021) a prevalência de DM aumentou drasticamente nos últimos anos, com estimativas que apontam para mais de 530 milhões de pessoas entre 20-79 anos, sendo que mais de 40% desses indivíduos não sabem que possuem a doença. As projeções da IDF ainda apontam para aumento da prevalência do DM em 46 % até 2045, representando um grande desafio para a saúde.

Consoante ao ritmo mundial, a prevalência del DM no Brasil teve aumento significativo nos últimos anos. De acordo com os dados da Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL, 2018), os indicadores de população com diabetes aumentaram de forma acentuada no recorte temporal de 2006 - 2018, acompanhados da evolução da obesidade e excesso de peso. Essa ampliação recai diretamente sobre os custos para o sistema público de saúde, pois doenças como o diabetes, hipertensão e obesidade despenderam mais de 160 milhões de reais no ano de 2018, sendo o diabetes responsável por 30% dos custos diretos (Nilson et al., 2018). O fornecimento de medicamentos e hospitalizações representam as maiores fontes de despesas, principalmente na presença de complicações associadas como a retinopatia, nefropatia, neuropatia e pé diabético (Henriques et al., 2018).

Outra característica do cenário assistencial de diabetes no país é a desigualdade regional. Ainda que os gastos do Sistema Único de Saúde sejam altos, as regiões norte e nordeste possuem acesso precário a medicamentos e assistência médica de qualidade, traduzindo em maiores taxas de mortalidade por DM nessas regiões (Malta et al., 2022; Marques et al., 2020).

2.1.3 Fisiopatologia

2.1.3.1 Fisiologia do pâncreas

O pâncreas é uma glândula de ação mista, sua parte exócrina é responsável por secretar enzimas digestivas até o duodeno, enquanto a endócrina secreta hormônios importantes no sangue. A ação endócrina é realizada pelas ilhotas de Langerhans, um conjunto de aglomerados celulares constituídos pelas células α , δ , β , que são responsáveis pela síntese e secreção dos hormônios glucagon, somatostatina e insulina, respectivamente (Montenegro; Chaves; Fernandes, 2016)

A produção, armazenamento e secreção de insulina se dá em função dos níveis de aminoácidos, lipídeos e, sobretudo, glicose presente na circulação

sanguínea, sendo assim, as células β pancreáticas são capazes de regular a secreção de insulina de acordo com a demanda metabólica (Montenegro; Chaves; Fernandes, 2016). Esse hormônio é o principal regulador do metabolismo da glicose no organismo, seus receptores estão em vários tecidos, especialmente no fígado, músculo e tecido adiposo. De tal modo, a ação da insulina tem efeitos diretos na inibição da síntese de glicose hepática, bloqueio da lipólise, aumento da captação de glicose pelos tecidos, aumento da síntese de glicogênio e aumento da lipogênese (Park; Gautier; Chon, 2021).

2.1.3.2 Fisiopatologia DM1

No DM1, a progressão da doença está ligada ao processo autoimune de destruição das células β pancreáticas. Esse ataque é mediado por uma desregulação de células da imunidade inata e adaptativa com a produção de autoanticorpos e linfócitos T auto reativos, criando um ambiente inflamatório que resulta na perda de função e morte dessas células (Bluestone; Herold; Eisenbarth, 2010). As células auto reativas costumam estar presentes muito antes da apresentação de sintomas, até porque o diagnóstico geralmente ocorre quando já houve um comprometimento significativo das células β , havendo uma redução de 70 a 80% (Da Costa; Moreira, 2021).

A etiologia ou ponto de partida dessa resposta defeituosa não é clara, mas estudos apontam para influência de infecções virais e predisposição genética, de todo modo, há uma combinação interligada entre fatores genéticos, imunes e ambientais que costumam variar entre cada caso (DiMeglio; Evans-Molina; Oram, 2018). Com a perda de função das células β , a produção de insulina passa a ficar comprometida, resultando no estado de hiperglicemia, no aumento de ácidos graxos, e produção excessiva de cetonas no sangue, podendo causar a cetoacidose diabética (Dariya et al., 2019).

2.1.3.3 Fisiopatologia DM2

O DM2 é uma doença metabólica e multifatorial associada ao desenvolvimento de resistência à insulina nos tecidos e prejuízo de função das células β pancreáticas. Nas primeiras etapas da doença, as células precisam de quantidades maiores de insulina para serem sensibilizadas, gerando uma demanda excessiva desse hormônio, sendo assim, inicialmente, esse processo gera tanto o aumento de insulina quanto o de glicose no sangue (Cervantes-Villagrana; Presno-Bernal, 2013).

Com a evolução da hiperinsulinemia e da hiperglicemia de forma crônica, há a inibição da resposta metabólica das células β à glicose, reduzindo a secreção e ação da insulina, além da redução da sensibilidade celular dos tecidos, aumentando a resistência insulínica no organismo (Mahler; Adler, 1999). Esse desarranjo afeta diretamente a regulação do metabolismo da glicose, já que sem a ação efetiva da insulina há um aumento da liberação de ácidos graxos, redução da captação de glicose pelo tecido muscular e, sobretudo, aumento da gliconeogênese pelo fígado, colaborando acentuadamente com o crescimento das taxas de glicose sanguínea (Stumvoll; Goldstein; Haeften, 2005).

A causa para o desenvolvimento da resistência à insulina envolve vários fatores, como hábitos alimentares, sedentarismo, tabagismo, predisposição genética e presença de doenças associadas como obesidade, dislipidemia, aterosclerose e hipertensão arterial (Marcondes, 2003). Dentre esses fatores, a obesidade se sobressai como preditor da DM por demandar um estado de hiperinsulinemia no organismo e por causar maior liberação de ácidos graxos, fatores que estão envolvidos na sobrecarga e estresse oxidativo das células pancreáticas (Cárdenas; Contreras; Melguizo, 2000). A inatividade física também é um fator importante por estar associada ao estilo de vida sedentário e alimentação inadequada, aumentando as taxas de gordura corporal, o sobrepeso e o desenvolvimento de doenças associadas (Morales et al., 2019).

2.1.4 Complicações associadas

2.1.4.1 *Complicações agudas*

As complicações agudas da DM mais frequentes são caracterizadas pelas crises hiperglicêmicas, como a Cetoacidose Diabética (CAD) e o Estado Hiperglicêmico Hiperosmolar (EHH). A CAD é uma condição clínica relacionada a um quadro de descompensação glicêmica ou stress, sendo mais observada na DM1 e apresentando sintomas de poliúria, polidipsia, náuseas, vômitos, dores abdominais, astenia e letargia (Gallego; Caldeira, 2007). Esse quadro se dá por conta de um déficit acentuado de insulina associado ao incremento excessivo de hormônios contra reguladores, como o glucagon, cortisol, hormônio do crescimento e catecolaminas, resultando, assim, em maiores taxas de gliconeogênese hepática, formação de corpos cetônicos e liberação de ácidos graxos livres no organismo (Tripathi; Srivastava, 2006).

Por outro lado, o EHH é uma condição mais observada na DM2, sendo caracterizado por um aumento excessivo de glicose, aumentando a hiperosmolaridade sérica, a diurese osmótica e, conseqüentemente, a desidratação do organismo (Sánchez; Cárdenas, 2016). Diferentemente do que ocorre na CAD, esse quadro não apresenta um déficit insulínico grave, sendo assim, não há formação de corpos cetônicos e aumento da lipólise. Mas, em contrapartida, há sinais e sintomas de desidratação grave, crises convulsivas e alteração importante do nível de consciência (Foss-Freitas; Foss, 2003).

2.1.4.2 *Complicações crônicas*

As complicações crônicas da DM se desenvolvem através de mecanismos bioquímicos patológicos, devido a um tempo prolongado de exposição à hiperglicemia, podendo ser classificadas a nível microvascular e macrovascular (Castro et al., 2021).

As principais complicações microvasculares são a nefropatia, a neuropatia e a retinopatia diabéticas, visto que as células desses tecidos são mais vulneráveis aos altos níveis de glicose, ou seja, elas têm menor capacidade de adaptação homeostática diante da hiperglicemia e são mais suscetíveis às alterações patológicas (Brownlee, 2004). Apesar de suas particularidades, elas têm mecanismos fisiopatológicos comuns, que envolvem o aumento do estresse oxidativo intracelular pela ação da enzima aldose redutase na catalisação da glicose; o aumento de citocinas inflamatórias na presença de produtos finais de glicação; os efeitos deletérios pela ativação da proteína quinase C intracelular e as modificações patológicas na expressão gênica (Brownlee, 2004). Todas essas vias estão ligadas a alterações intra e extracelulares mediadas pela presença acentuada de glicose no organismo, prejudicando o metabolismo, estrutura e funcionalidade celular, e trazendo como consequência a lesão tecidual (Reis et al., 2008).

Por outro lado, as complicações macrovasculares estão relacionadas às doenças cardiovasculares associadas ao desenvolvimento de aterosclerose, como a Doença Arterial Coronariana (DAC), Acidente Vascular Cerebral (AVC), Doença Arterial Periférica (DAP) e insuficiência cardíaca (Triches et al., 2009). A aterosclerose é caracterizada pela formação de placas calcificadas de gordura no interior das paredes arteriais, devido a um processo inflamatório sistêmico que envolve, sobretudo, a disfunção endotelial (Azevedo; Victor; Oliveira, 2010). Sendo assim, o DM está fortemente associado a essa disfunção pois a hiperglicemia crônica induz a inflamação endotelial vascular e a resistência insulínica promove o aumento da agregação plaquetária (Huang et al., 2017). Além disso, frequentemente pacientes diabéticos apresentam sobreposição de comorbidades como a hipertensão arterial, dislipidemia e obesidade, que também são fatores de risco muito importantes para o desenvolvimento aterosclerótico (Tschiedel, 2014).

Ademais, vale destacar o chamado “pé diabético” como outra complicação crônica importante do DM. Ele é caracterizado pela perda de sensibilidade, deixando o pé mais vulnerável a traumas e infecções silenciosas, sendo assim, é responsável por grande parte das amputações e internações prolongadas em pacientes diabéticos (Brasileiro et al., 2004). Essa condição se desenvolve pela combinação da neuropatia periférica diabética, que acomete as fibras sensório-motoras periféricas, com a DAP, que afeta as pequenas artérias dos

membros inferiores, causando isquemia e inibindo a cicatrização (Reardon et al., 2020).

2.2 Neuropatia periférica diabética

A Neuropatia Periférica (NP) associada ao diabetes abrange um conjunto de síndromes clínicas ou subclínicas relacionadas a perda progressiva de fibras nervosas do sistema nervoso periférico somático e autonômico (Gagliardi, 2003). Os mecanismos patológicos mediados pela hiperglicemia crônica causam lesões nas células neuronais, gliais, vasculares e conjuntivas, reduzindo a permeabilidade de membrana, aumentando a concentração de sódio e causando a hipóxia axonal (Dias; Carneiro, 2000). Como resultado, esse processo induz a degeneração por injúria e necrose do axônio, também conhecida como degeneração walleriana, que vem acompanhada pela perda de fibras mielinizadas e desmielinizadas, aumentando a deterioração da função neural (Cunha et al., 2002). Sendo assim, o prejuízo sensório-motor das fibras nervosas periféricas resulta da associação de alterações degenerativas, desmielinizantes e endoteliais (Orsini et al., 2009).

2.2.1 Classificação

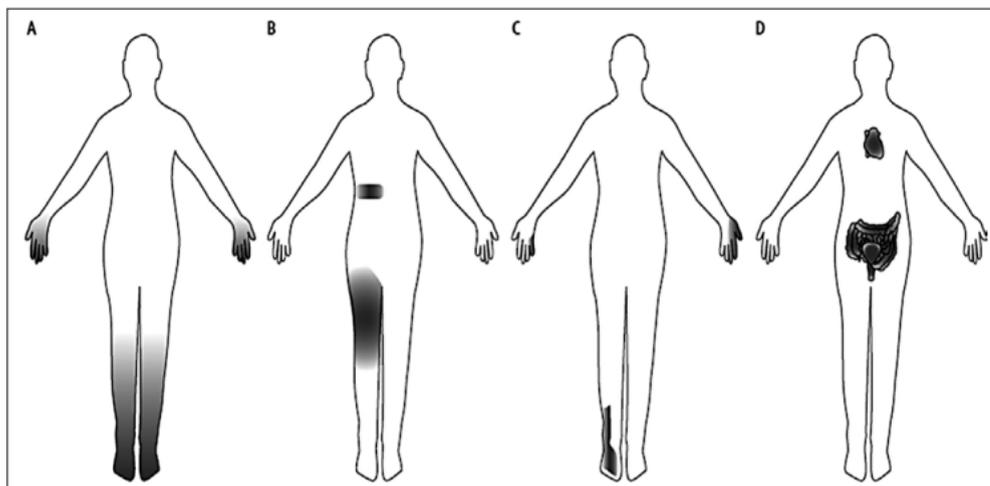
Diante das diversas manifestações sintomáticas e assintomáticas que abrangem a NP, sua classificação pode ser determinada de acordo com o quadro clínico apresentado (Figura 1), mas vale destacar que essas apresentações clínicas podem se sobrepor e coexistir durante a evolução da doença (Almeida; Cruz, 2007).

A polineuropatia simétrica distal (PSD) é a forma clínica mais prevalente nos pacientes diabéticos, ela se desenvolve de maneira gradual e simétrica apresentando sintomas sensitivos e motores de forma ascendente, ou seja, acomete primeiramente os pés, pernas e, depois, as mãos, formando o padrão de meias e luvas (Nascimento et al., 2015). Os sintomas da PSD costumam envolver parestesias, queimação, hiperalgesia, fincadas, dor e câimbras musculares, com

piora durante a noite (Dias; Carneiro, 2000). Por outro lado, as radiculopatias são apresentações assimétricas, pois envolvem o comprometimento da raiz nervosa de segmentos cervicais, torácicos, abdominais e lombossacrais, causando sintomas de dor intensa e déficit sensorial na área de dermatoma correspondente (Nascimento; Pupe; Cavalcanti, 2016).

Ademais, há formas de neuropatias compressivas focais e multifocais, onde os sintomas variam de acordo com os nervos afetados. De modo geral, os nervos ulnar, radial, mediano, femoral e fibular são os nervos periféricos mais acometidos, apresentando um quadro inicial de dor aguda, e, em seguida, desenvolvendo sintomas sensório-motores mais acentuados (Rebolledo, 2005). Os nervos cranianos também podem ser acometidos, principalmente naqueles com idade mais avançada. Esse quadro costuma envolver o nervo facial, troclear, e, sobretudo, o oculomotor, na chamada paralisia oculomotora diabética, mas raramente há o envolvimento de vários nervos cranianos em conjunto (Silva et al., 2021).

Figura 1- Diferentes padrões clínicos da neuropatia diabética



Fonte: Nascimento; Pupe; Cavalcanti (2016)

Além das fibras somáticas, a NP também pode acometer o sistema nervoso autonômico simpático e parassimpático, resultando em disfunções pupilares, cardiovasculares, gastrointestinais, urogenitais, endócrinas, motoras e termorreguladoras (Quadro 1). A neuropatia autonômica está presente em grande

parte dos pacientes com DM, mas geralmente é assintomática e costuma estar associada a outras formas neuropáticas, sendo frequentemente subdiagnosticada (Nascimento; Pupe; Cavalcanti, 2016).

Quadro 1- Síndromes clínicas devido à neuropatia diabética autonômica

Pupilar	Miose, má adaptação ao escuro
Cardiovascular	Taquicardia em repouso, bradicardia, intolerância ao esforço, hipotensão postural, síncope, infarto agudo do miocárdio, morte súbita
Gastrointestinal	Disfagia baixa, refluxo gastroesofágico, gastroparesia, constipação, diarreia e incontinência fecal
Urogenital	Retenção urinária dolorosa, inchaço vesical, micção excessiva, infecções urinárias repetidas com urina residual, ejaculação retrógrada, impotência parcial, ressecamento vaginal e dispareunia
Sudo motor	Sudorese da face ou metade superior do corpo durante a ingestão de alimentos, anidrose distal
Insensibilidade à Hipoglicemia	Ausência de sintomas adrenérgicos com hipoglicemias, diminuição da resposta hormonal à hipoglicemia

Fonte: Rebolledo (2005)

2.2.2 Diagnóstico

O diagnóstico da NP diabética se baseia no quadro clínico e na realização de testes neurológicos específicos para avaliar tanto as fibras nervosas finas, que são responsáveis pela sensibilidade térmica, dolorosa e sudomotora, quanto as grossas, que são ligadas aos reflexos tendíneos, sensibilidade tátil, vibratória e propriocepção (Rolim et al., 2022). Para avaliação dos sinais e sintomas experimentados pelo paciente podem ser utilizados o escore de sintomas neuropáticos (ESN) e o escore de comprometimento neuropáticos (ECN), que são versões traduzidas do *Neuropathy Symptom Score* e *Neuropathy Disability Score* respectivamente, e que juntos formam um método sensível de detecção da NP. O ESN (Quadro 2) tem um score total que varia de 3-9 pontos podendo ser classificado em 3-4 leve, 5-6 moderado e 7-9 grave, enquanto o score do ECN (Tabela 2) pode variar entre 3-10 pontos, sendo classificado em 3-5 leve, 6-8 moderado e 9-10 grave (Moreira et al., 2005).

Quadro 2 – Escore de Sintomas Neuropáticos (ESN)

1. O senhor(a) tem experimentado dor ou desconforto nas pernas?	<input type="checkbox"/> Se NÃO, interromper a avaliação <input type="checkbox"/> Se SIM, continuar a avaliação	
2. Que tipo de sensação mais te incomoda? (Descrever os sintomas se o paciente não citar nenhum destes)	<input type="checkbox"/> Queimação, dormência ou formigamento <input type="checkbox"/> Fadiga, câimbras ou prurido	2 pts 1 pt
3. Qual a localização mais freqüente desse(a) (sintoma descrito)?	<input type="checkbox"/> Pés <input type="checkbox"/> Panturrilha <input type="checkbox"/> Outra localização	2 pts 1 pt 0 pt
4. Existe alguma hora do dia em que este(a) (sintoma descrito) aumenta de intensidade?	<input type="checkbox"/> Durante a noite <input type="checkbox"/> Durante o dia e a noite <input type="checkbox"/> Apenas durante o dia	2 pts 1 pt 0 pt
5. Este(a) (sintoma descrito) já o(a) acordou durante a noite?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	1 pt 0 pt
6. Alguma manobra que o(a) senhor(a) o realiza é capaz de diminuir este(a) (sintoma descrito)? (Descrever as manobras para o paciente se ele não citar nenhuma delas)	<input type="checkbox"/> Andar <input type="checkbox"/> Ficar de pé <input type="checkbox"/> Sentar ou deitar	2 pts 1 pt 0 pt

Fonte: Moreira et al. (2005)

Tabela 2- Escore de Comprometimento Neuropático (ECN)

Teste	Direita	Esquerda
Sensibilidade Vibratória - 128 Hz	Preservada: 0 Alterada: 1	Preservada: 0 Alterada: 1
Sensibilidade Térmica	Preservada: 0 Alterada: 1	Preservada: 0 Alterada: 1
Dor Superficial	Ausente: 0 Presente: 1	Ausente: 0 Presente: 1
Reflexo Aquileu	Normal: 0 Presente com reforço: 1 Ausente: 2	Normal: 0 Presente com reforço: 1 Ausente: 2

Fonte: Rolim et al. (2022)

Além disso, em relação aos testes específicos, o do monofilamento de Semmes Weinstein é um método de avaliação da sensibilidade tátil bastante utilizado, tanto pelo baixo custo e facilidade de aplicação, quanto por permitir identificar o risco de úlceras e amputações (Feng; Schlösser; Sumpio, 2011). Esse teste se baseia na aplicação de um monofilamento de náilon 10 gramas em 10 pontos podálicos, sendo eles: dorso do pé entre os dois primeiros metatarsos; calcâneo; lateral esquerda e direita do meio plantar, cabeça do primeiro, terceiro e quinto metatarsos; primeiro, terceiro e quinto dígitos plantares, por no mínimo três vezes em cada demarcação. Caso o paciente não consiga identificar o estímulo em

quatro pontos ou mais há indícios de comprometimento significativo da sensibilidade tátil (Paiva, 2016; Nascimento et al., 2015).

O estudo da condução nervosa através da eletromiografia é outro teste que ganha destaque para as fibras nervosas grossas, por ser capaz de avaliar a velocidade, latência e amplitude da condução nervosa. Nesse exame, os nervos sensitivos ou motores são estimulados para que haja o registro de seus potenciais de ação. Dessa forma, a NP está relacionada à alteração dos parâmetros de condução elétrica em pelo menos dois dos nervos testados (Schmid; Neumann; Brugnara, 2003).

Por outro lado, a avaliação da resposta sudomotora costuma ser usada para avaliar o comprometimento das fibras nervosas finas na NP, tendo em vista que um dos principais sinais de acometimento do sistema autônomo é a redução da sudação plantar (Freitas et al., 2009). O neuropad é um exemplo de teste rápido de rastreio que consiste na aplicação de uma placa adesiva de cobalto na face plantar do pé, cuja cor muda de azul para rosa quando a função sudomotora está adequada. Sendo assim, a falta total ou parcial da mudança de cor indica uma função reduzida e, conseqüentemente, prejuízo autonômico (Carmichael et al., 2021).

2.2.4 Relação da neuropatia periférica com o comprometimento da força muscular

Como já foi visto, a hiperglicemia crônica provoca mecanismos patológicos no tecido nervoso, gerando degeneração e desmielinização axonal das fibras nervosas periféricas (Cunha et al., 2002). Diante disso, a denervação das fibras nervosas somáticas eferentes, ou fibras motoras, resulta no déficit de ativação muscular e atrofia do tecido, levando ao prejuízo da força muscular (Camargo, 2009). Vale destacar que segundo estudos recentes a redução da força muscular foi mais evidente em pacientes com mais de cinco anos de desenvolvimento da DM, quando comparado com aqueles com um tempo menor de evolução clínica (Khan; Ahmad; Noohu, 2020).

As alterações do trofismo muscular são decorrentes do déficit de inativação muscular causado pela degeneração das fibras motoras, acometendo, sobretudo, os músculos intrínsecos dos pés e tornozelos (Fregonesi et al., 2012). Esse processo resulta em deformidades, como os dedos em garra, redução da amplitude de movimento e aumento da pressão plantar, aumentando o risco de ulcerações e complicações do pé diabético (Sacco et al., 2007).

O déficit de mobilidade confere um estado de maior rigidez nas articulações, predispondo a incidência de deformidades estruturais e hiperqueratose da pele, aumentando o potencial de lesões. Além disso, as alterações musculoesqueléticas do pé diabético podem induzir o desabamento do arco longitudinal medial do pé, comprometendo ainda mais a funcionalidade motora pelas alterações biomecânicas características do pé plano (Sacco et al., 2009).

O estudo de Giacomozzi et al. (2008) mostra que a redução da força muscular do complexo pé- tornozelo parece ocorrer em todos os planos de movimento, abrangendo a inversão, eversão, rotação interna, rotação externa, flexão plantar e, principalmente, a dorsiflexão. Além disso, também afirma que alterações musculoesqueléticas da NP também englobam anormalidades de tendões e fáscias musculares, contribuindo para as limitações no desempenho muscular e mobilidade articular dos pacientes neuropatas.

Além disso, o déficit de força muscular associado às alterações estruturais afetam diretamente na capacidade de gerar as forças de reação ao solo, comprometendo o padrão normal da marcha e refletindo em outros prejuízos biomecânicos compensatórios (Menz et al., 2004). Todos esses fatores incidem na complexidade da função motora da NP e suas repercussões sobre o corpo, sobretudo, no pé diabético.

2.2.5 Relação da neuropatia periférica com as alterações de estabilidade

A manutenção do equilíbrio está associada ao controle postural diante das oscilações presentes nas posturas adotadas ao longo do dia, tanto naquelas

que exigem movimento, também ditas dinâmicas, quanto nas estáticas (Duarte; Freitas, 2010). Para tanto, o corpo depende da ação integrada de sistemas e mecanismos de estabilidade próprios que, dentre vários aspectos, envolvem o sistema vestibular, a capacidade visual, a propriocepção, a resposta neuromuscular e a sensibilidade tátil (Sales; Souza; Cardoso, 2012).

Diante disso, as alterações metabólicas do DM e o comprometimento nervoso presente na NP trazem disfunções no controle do equilíbrio a partir de alterações sensitivas, motoras e autonômicas. O componente sensitivo está associado ao prejuízo de sensibilidade tátil, vibratória e proprioceptiva, enquanto o motor está relacionado ao déficit de ativação, coordenação e trofismo muscular. (Timar et al., 2016). Por outro lado, o componente autonômico se relaciona com a hipotensão postural, que consiste na queda da pressão arterial ao assumir a posição ortostática devido às disfunções de fibras simpáticas eferentes. Como resultado, os pacientes podem apresentar tonturas, fadiga e sensação de desmaio (Souza et al., 2019).

A redução dos componentes de resposta sensorial associados ao déficit de coordenação e ativação muscular levam ao desenvolvimento de oscilações posturais estáticas e dinâmicas. Dessa forma, pacientes com NP possuem maiores deslocamentos do Centro de Pressão (COP) ao tentarem manter uma postura de apoio, principalmente nas direções anteroposterior e médio-lateral, devido à ação conjunta de parestesia dos músculos de membros inferiores e déficit sensitivo (Oliveira et al., 2023). As oscilações do COP para a manutenção do equilíbrio estático são diretamente influenciadas pelo tempo de desenvolvimento do DM e a severidade do acometimento nervoso. Essas variáveis podem ser mensuradas com o auxílio de uma plataforma de força que permite avaliar as forças de reação ao solo e o desequilíbrio na postura bipodal, seja com olhos abertos ou fechados, e com redução da base de apoio (Palma et al., 2013).

Além disso, de acordo com a pesquisa de Fortaleza (2011) pacientes neuropatas com maiores oscilações médio-laterais também apresentaram um pior desempenho no teste timed up and go (TUG). O TUG é um teste rápido e de fácil aplicação, que consiste no tempo que o indivíduo leva para levantar de uma cadeira, andar 3 metros, dar a volta e se sentar novamente, sendo assim, permite avaliar a

mobilidade e o equilíbrio funcional, também sendo um ótimo indicador para o risco de quedas (Browne; Nair, 2018). Dessa forma o grau das oscilações do controle postural também está correlacionado com o declínio funcional e com a redução do equilíbrio dinâmico.

A manutenção do equilíbrio durante o movimento é uma capacidade muito importante para a estabilidade da marcha e exercício das atividades diárias. Os déficits sensório-motores da NP incidem sobre as variáveis temporais e espaciais da marcha, causando tanto o aumento do tempo de execução em cada fase dela, quanto a redução do comprimento do passo e da passada (Oliveira, 2021). Essas modificações se manifestam como mecanismos compensatórios do tornozelo para adaptar-se às alterações da resposta sensitiva e da força muscular dos membros inferiores, resultando em prejuízos para a mobilidade e equilíbrio funcional (Fortaleza et al., 2012).

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Analisar os resultados descritos na literatura acerca dos efeitos da cinesioterapia na força muscular e no equilíbrio de pacientes diabéticos com neuropatia periférica.

3.2 Específicos

- a) Identificar como a neuropatia periférica diabética se correlaciona com déficit de equilíbrio e força muscular.
- b) Investigar os efeitos das diferentes modalidades de exercícios da cinesioterapia na neuropatia periférica diabética.
- c) Interpretar os resultados encontrados nos estudos.

4 METODOLOGIA

Segundo seus objetivos, o presente trabalho trata-se de uma revisão de literatura exploratória e descritiva. A pesquisa exploratória é caracterizada pela finalidade de acender determinado assunto, contribuindo tanto para o esclarecimento de hipóteses, quanto para reunião de conhecimento sobre novas possibilidades e enfoques sobre o tema (Raupp; Beuren, 2006). Enquanto isso, a pesquisa descritiva visa a apresentação e determinação de relações entre variáveis, além de buscar descrever as características do objeto, fenômeno ou população de estudo (Gil, 2002).

Já quanto ao tipo de abordagem, esta pesquisa pode ser classificada como qualitativa. A pesquisa qualitativa é um método que parte da análise dos efeitos de determinado fenômeno, gerando resultados que não se reduzem a dados quantitativos, mas sim a um processo de análise indutivo, juntando o cruzamento de informações, interpretação e descrição objetiva dos dados (Cyriaco et al., 2017).

Para construção desse trabalho, foram incluídos ensaios clínicos originais publicados de 2017 a 2023 nos idiomas português e inglês, que incluíssem participantes diabéticos portadores de neuropatia periférica e que tivessem a intervenção fisioterapêutica através da cinesioterapia, atendendo o objetivo do estudo de relacionar essa abordagem com a força e/ou equilíbrio. Foram excluídos resumos expandidos, artigos incompletos e artigos duplicados.

A procura dos artigos envolvidos foi feita a partir das seguintes bases de dados: *Cochrane library*, *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE) e *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro). A estratégia de busca foi feita por meio da associação dos descritores: “Neuropatia diabética”; “fisioterapia”; “exercícios”; “força” e “equilíbrio”. Também foram utilizados seus respectivos correspondentes em inglês: “*Diabetic Neuropathy*”, “*physiotherapy*”, “*exercises*”, “*strength*” e “*balance*”.

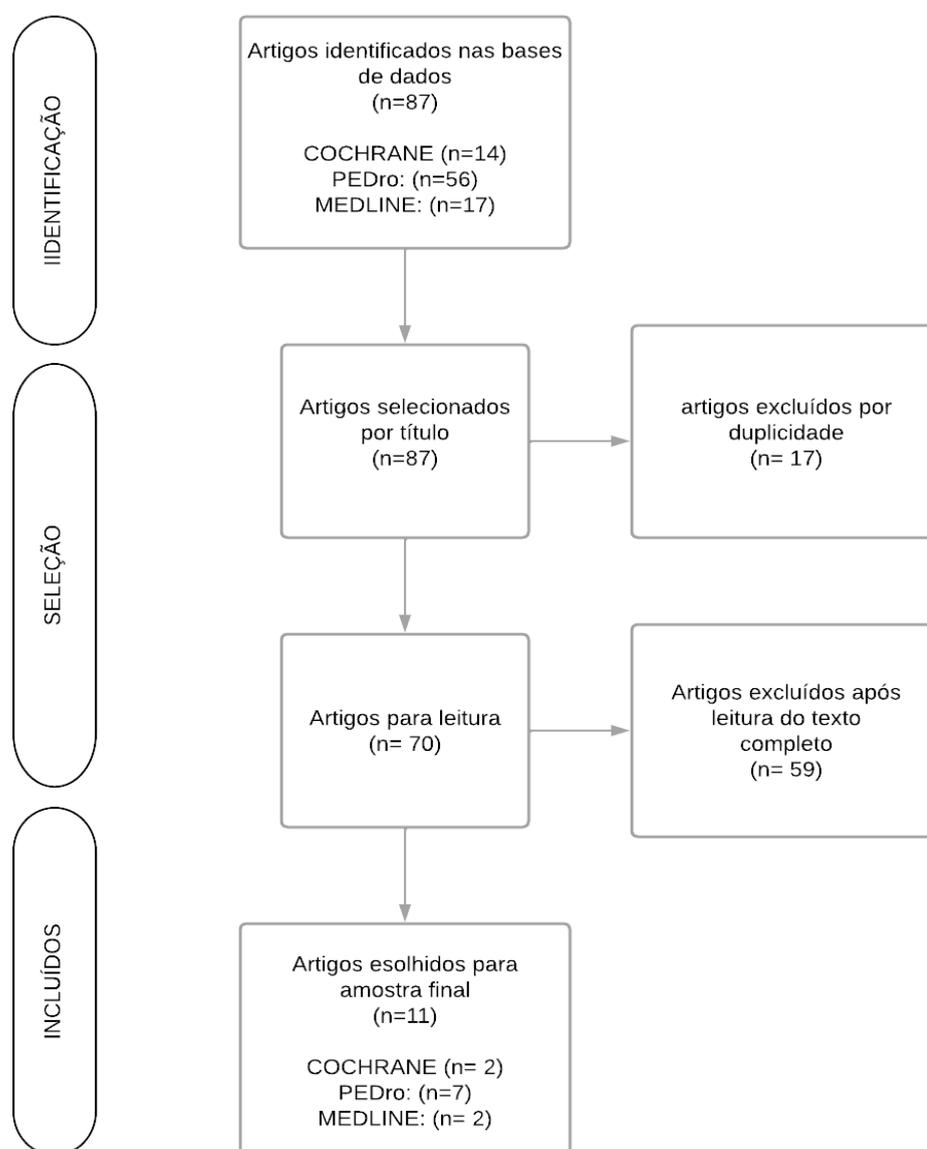
Todo processo de seleção, análise e apresentação dos estudos foi feito de forma independente. A seleção inicial foi feita com base na leitura do título e resumo dos artigos encontrados em cada base de dados. Em seguida, foi feita a leitura na íntegra de cada material selecionado, buscando identificar aqueles que atendessem todos os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos. Ao final dessa triagem, a análise dos artigos escolhidos foi apresentada em forma de quadro,

citando autor, ano de publicação, título, objetivos de estudo, métodos e principais resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da pesquisa nas bases de dados com as palavras-chaves utilizadas foram identificados 87 ensaios clínicos. Em seguida, 17 desses materiais foram excluídos por estarem duplicados, sobrando 70 artigos para análise do texto completo. Após a leitura na íntegra e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, somente 11 artigos foram selecionados para compor a amostra final deste trabalho, como mostra a Figura 2.

Figura 2- Fluxograma do processo de seleção da amostra.



Fonte: Própria autora (2023).

A seguir, o Quadro 3 apresenta um resumo dos dados coletados em cada artigo selecionado da amostra, citando seus respectivos autores, objetivos, métodos e principais resultados encontrados.

Quadro 3 – Dados coletados em cada artigo selecionado.

Autor e ano	Título	Objetivo	Método	Principais Resultados
Khan et al., 2022	Efeitos do treinamento resistido progressivo em indivíduos com polineuropatia diabética tipo 2.	Avaliar os efeitos de um treinamento resistido progressivo de 12 semanas na força muscular de extensores e flexores do tornozelo e joelho, na densidade de fibras nervosas intraepidérmicas e na função motora de indivíduos diabéticos tipo 2 com e sem polineuropatia diabética	Ensaio clínico randomizado de 12 semanas com 109 participantes alocados em: grupo com NP diabética (n=42); grupo diabetes sem NP (n=32) e grupo saudável (n=35). Os três grupos foram submetidos aos exercícios resistidos para grandes grupos musculares de membros inferiores, superiores, abdome e costas.	Indivíduos com polineuropatia diabética não demonstraram melhora significativa na força dos flexores plantares e dorsais do tornozelo. Todavia, demonstraram aumento significativo da força dos extensores e flexores do joelho e melhora no desempenho funcional. Nenhum grupo apresentou mudança na densidade de fibras nervosas intraepidérmicas.
Jafarnejhadgero; Mamas li; Granacher, 2021	Um programa de exercício dominado pela resistência melhora o consumo máximo de oxigênio, forças de reação ao solo e atividades musculares em pacientes com neuropatia diabética moderada.	Examinar os efeitos de um programa de exercício dominado pela resistência no consumo máximo de oxigênio (VO2 máx.), forças de reação ao solo e atividade muscular durante a caminhada em pacientes com neuropatia diabética moderada.	Ensaio clínico randomizado de 12 semanas com 60 pacientes na faixa etária de 45-65 anos. O grupo intervenção (n=30) recebeu treino progressivo na bicicleta ergométrica e treino de marcha.	Após a intervenção, houve aumento dos valores de VO2 máximo, aumento no segundo pico de força vertical do solo e aumento da atividade muscular do glúteo médio e vasto medial na fase de apoio da marcha, reduzindo os choques de impacto do pé com o solo.
Monteiro et al., 2020	Viabilidade e eficácia preliminar de um programa de exercício	Analisar a eficácia de um programa de exercício pé-tornozelo para	Ensaio clínico randomizado de 12 semanas com 30	O grupo intervenção apresentou aumento da força isométrica dos dedos dos pés,

	<p>pé-tornozelo com o objetivo de melhorar a funcionalidade pé-tornozelo e biomecânica da marcha em pessoas com neuropatia diabética: Um ensaio clínico randomizado controlado</p>	<p>pessoas com neuropatia diabética, investigando velocidade da marcha, força do pé e pressão plantar durante marcha.</p>	<p>participantes. O grupo intervenção (n=15) recebeu fortalecimento de músculos intrínsecos e extrínsecos do pé, treino de marcha e equilíbrio. O grupo controle (n=15) recebeu apenas orientações sobre cuidados para diabetes e pés.</p>	<p>aumento do grau de mobilidade articular do tornozelo, aumento do pico de pressão do antepé e da velocidade da marcha.</p>
<p>Syedizade; cheragh-birjandi; hamedinia, 2020</p>	<p>Os efeitos do treinamento físico combinado (resistidos-aeróbicos) na creatina quinase e função física de pacientes diabéticos tipo 2 com neuropatia periférica diabética: ensaio clínico randomizado.</p>	<p>Mostrar se o treinamento físico combinando exercícios resistidos e aeróbicos podem afetar as variações de creatina quinase, resistência aeróbica e a força de membros superiores e inferiores de pacientes diabéticos com neuropatia periférica.</p>	<p>Ensaio clínico randomizado de 8 semanas com 24 participantes na faixa etária de 45-65 anos. O grupo intervenção (n=12) recebeu exercícios resistidos para grandes e pequenos grupos musculares de membros inferiores e superiores, e exercícios aeróbicos.</p>	<p>Após o treinamento, o grupo intervenção não apresentou melhora significativa da resistência aeróbica, mas demonstrou aumento considerável da força muscular de tronco e, sobretudo, membros inferiores.</p>
<p>Venkataraman et al., 2019</p>	<p>Treinamento de força e equilíbrio de curto prazo não melhora qualidade de vida, mas melhora status funcional de indivíduos com neuropatia periférica diabética: um ensaio clínico randomizado</p>	<p>Testar a efetividade de um treinamento estruturado de força e equilíbrio na melhora da qualidade de vida e status funcional de indivíduos com neuropatia periférica diabética.</p>	<p>Ensaio clínico randomizado de 8 semanas com 143 participantes na faixa etária de 40-79 anos. O grupo intervenção (n=70) recebeu exercícios de mobilidade e fortalecimento dos joelhos, tornozelos, antepé e dedos do pé;</p>	<p>O grupo intervenção apresentou aumento da força muscular do tornozelo, ganho da mobilidade articular, melhora da performance e capacidade funcional, tanto a curto prazo (2 meses) quanto a médio prazo (6 meses).</p>

			exercícios para equilíbrio estático e dinâmico; e exercícios de resistência funcional.	
Win et al., 2019	Exercícios de mãos e pés para neuropatia periférica diabética: Um ensaio clínico randomizado.	Determinar a efetividade de exercícios de mãos e pés no desempenho das atividades diárias e funcionalidade física de pessoas com neuropatia periférica diabética.	Ensaio clínico randomizado de 8 semanas com 104 participantes na faixa etária de 45-65 anos. Grupo intervenção (n=32) recebeu exercícios de alongamento e mobilidade para mãos e pés, enquanto o grupo controle (n=43) recebeu apenas orientações sobre cuidados com diabetes.	O grupo intervenção não obteve diferença significativa dos valores de força de preensão palmar e no desempenho funcional das atividades diárias. Apesar disso, foi possível observar aumento comparativo entre os valores de força de antes e após intervenção, e redução do tempo de realização no TUG.
Nadi; Bambaiechi; Marandi, 2019	Comparação do efeito de dois exercícios terapêuticos nas condições inflamatória e fisiológicas e complicações da neuropatia diabética em pacientes femininas.	Comparar o efeito de um treino de resistência de baixa intensidade com os exercícios para neuropatia periférica nas condições inflamatórias e fisiológicas, equilíbrio e complicações da neuropatia diabética em pacientes femininas.	Ensaio clínico randomizado com protocolo de 12 semanas com 45 pacientes femininas na faixa etária de 50-60 anos. O grupo1 (n=15) realizou exercícios resistidos de baixa intensidade (30% 1RM), o grupo 2 (n=15) realizou exercícios de mobilidade e alongamento para membros inferiores, e o grupo controle (n=15) não realizou	Os dois grupos intervenção apresentaram resultados positivos, mas o grupo 2 apresentou um aumento mais significativo do equilíbrio estático e dinâmico no <i>De Morton Mobility Index</i> (DEMMI).

			nenhuma intervenção.	
Abdelbasset et al.2020	Efeitos terapêuticos do exercício proprioceptivo na capacidade funcional, ansiedade e depressão em pacientes com neuropatia diabética: um estudo prospectivo de 2 meses	Investigar o efeito do treinamento com exercícios proprioceptivos na ansiedade, depressão e capacidade funcional de pacientes com neuropatia periférica diabética	Ensaio clínico randomizado com protocolo de 8 semanas com 28 pacientes na faixa etária de 40-60 anos. O grupo controle (n=14) não recebeu exercícios e o grupo intervenção (n=14) realizou exercícios de caminhada e equilíbrio em diferentes superfícies.	Somente o grupo intervenção obteve aumento significativo no score da Escala de Equilíbrio de Berg (EEB).
Ahmad et al. 2019	Efeito do treinamento sensório motor no equilíbrio e propriocepção e adultos de meia idade e idosos com neuropatia periférica diabética.	Examinar as diferenças de equilíbrio e propriocepção em adultos de meia idade e idosos submetidos a um treino sensório motor de 8 semanas.	Ensaio clínico randomizado de 8 semanas com 37 participantes na faixa etária de 45-75 anos. Grupo intervenção (n=20) realizou exercícios de equilíbrio, treino de marcha e exercícios para o Core, enquanto o grupo controle (n=17) recebeu apenas educação sobre diabetes e cuidados com os pés.	O grupo intervenção apresentou melhores resultados quando comparado ao grupo controle. Os adultos de meia idade tiveram maior aumento do equilíbrio estático no teste de apoio unipodal, enquanto as duas faixas etárias apresentaram melhora significativa do equilíbrio dinâmico no teste de alcance funcional.
Pavana; Premarajan; Ghosh, 2021	Efetividade do exercício de estabilidade do Core e exercício de propriocepção no equilíbrio em sujeitos com	Comparar a efetividade do exercício proprioceptivo e exercício de estabilidade do Core na melhora do	Ensaio clínico randomizado de 6 semanas com 80 pacientes na faixa etária de 40-60 anos.	Os dois grupos apresentaram aumento da melhora significativa do equilíbrio no score da EEB, sendo o percentual de

	neuropatia diabética- um ensaio clínico randomizado.	equilíbrio em sujeitos com neuropatia periférica diabética.	Grupo 1 (n=40) realizou exercícios proprioceptivos envolvendo mobilidade, marcha e superfícies instáveis, enquanto o grupo 2 (n=40) realizou exercícios de estabilização do Core.	aumento do grupo 1 ligeiramente maior. Grupo 1 = 6% Grupo 2 = 4%
Battesha et al. 2018	Efeito dos exercícios de estabilização do Core e terapia de dessensibilização no limite da estabilidade em pacientes com neuropatia periférica diabética	Investigar os efeitos dos exercícios de estabilidade do Core e da terapia de dessensibilização na estabilidade postural em pacientes com neuropatia periférica diabética	Ensaio clínico randomizado de 6 semanas com 60 pacientes na faixa etária de 55-65 anos. O grupo 1 (n=15) realizou treino proprioceptivo; O grupo 2 (n=15) realizou treino proprioceptivo junto aos exercícios do core; o Grupo 3 (n=15) realizou o treino proprioceptivo mais a terapia de dessensibilização e o grupo 4 (n=15) realizou todas as terapias anteriores.	A estabilidade postural, mensurada através de uma plataforma de estabiliometria, teve uma melhora mais significativa nos pacientes que receberam a exercícios para o Core e/ou terapia de dessensibilização junto ao treino proprioceptivo, com mais evidências naqueles que receberam todas as técnicas em conjunto.

Fonte: Própria autora (2023).

Sabe-se que a cinesioterapia tem como base a aplicação de exercícios terapêuticos planejados sistematicamente visando o aprimoramento de alguma capacidade funcional, podendo ser realizada através de diversas modalidades de exercícios de acordo com os objetivos de intervenção, seja a prevenção, reabilitação ou manutenção do sistema osteoarticular (Inchauspe; Barbian; Santos, 2019). Diante disso, este estudo incluiu onze ensaios clínicos randomizados que objetivavam

avaliar os efeitos dos exercícios terapêuticos nos componentes funcionais da força muscular e do equilíbrio de indivíduos com NP diabética, dentre os quais seis são direcionados à força muscular e cinco são voltados para o equilíbrio.

Em relação à força muscular, o estudo de Win et al. (2019) utilizou um protocolo de exercícios voltados para o alongamento e mobilidade especificamente das mãos e dos pés de diabéticos com NP, onde os participantes realizaram o treinamento três vezes ao dia durante dez minutos durante 8 semanas. No entanto, ao final da intervenção, não foi possível observar melhora significativa na força muscular através do teste de força de preensão palmar com dinamômetro, nem da mobilidade funcional através do TUG. Por outro lado, a intervenção de Venkataraman et al. (2019), que teve a mesma duração, sendo uma sessão por semana, obteve melhores resultados na força muscular e performance funcional ao incluir exercícios de fortalecimento, equilíbrio estático e dinâmico junto aos exercícios de mobilidade dos pés, joelhos e tornozelos. Por meio dessa diferença, percebe-se que o treinamento resistido e proprioceptivo na conduta cinesioterapêutica influenciam positivamente nos resultados da força muscular e capacidade funcional dos pacientes com NP, indo de acordo com os achados da revisão sistemática de Streckmann et al. (2014), que concluiu que os exercícios de fortalecimento e de propriocepção são estratégias viáveis no manejo da NP diabética, promovendo aumento do desempenho funcional dos indivíduos.

Ademais, dois estudos investigaram os efeitos do treinamento combinado de exercícios resistidos e aeróbicos na força muscular e capacidade funcional de indivíduos com NP diabética. A pesquisa conduzida por Khan et al. (2022) realizou um protocolo de intervenção de 12 semanas, contando com treino de aquecimento na bicicleta ergométrica e treino resistido para grandes grupos musculares de membros superiores, inferiores, costas e abdome. Através da dinamometria isocinética, os autores demonstraram que o treino proposto trouxe um aumento na força muscular dos joelhos e tornozelo, ainda que neste último não tenha sido tão significativo. Além disso, por meio do teste de Sentar e Levantar com Cinco Repetições (TSL5) e o Teste de Caminhada de 6 Minutos (TC6M), concluíram que tanto a força muscular dos membros inferiores quanto a capacidade funcional dos participantes evoluíram consideravelmente. De modo semelhante, o estudo de Seyedizadeh, Cheragh e Nia (2020) obteve resultados positivos na força muscular

de mulheres com NP diabética utilizando um protocolo combinado de exercícios aeróbicos de corrida intervalada, junto ao treino resistido voltado para grandes grupos musculares de membros superiores e inferiores. Segundo os autores, os participantes tiveram melhor desempenho no teste de sentar e levantar de 30 segundos e no *arm curl test* após as 8 semanas de intervenção, mas não apresentaram melhora significativa no TC6M. Apesar da diferença de duração metodológica e dos resultados relacionados à capacidade funcional apresentados, é certo que o treino aeróbico combinado aos exercícios resistidos se mostrou bastante efetivo, corroborando com o estudo de Holmes e Hastings (2021) que afirma que a combinação do treino aeróbico com o resistido é eficaz no tratamento de pacientes diabéticos com NP, trazendo benefícios na condução nervosa e ativação sensório-motora.

O déficit de condução nervosa é uma característica da degeneração progressiva da NP, levando à perda da unidade motora, e, conseqüentemente, ao prejuízo de ativação muscular, fraqueza e atrofia (Favretto et al., 2018). Diante disso, o ensaio clínico de Jafarnizhadgero, Mamashi e Granader (2021) demonstrou um aumento da atividade muscular do vasto lateral e o glúteo médio de pacientes com NP diabética, que foram submetidos a um protocolo de 12 semanas de treinamento aeróbico progressivo na bicicleta ergométrica junto ao treino de marcha. Essa relação positiva do exercício aeróbico com a ativação muscular na NP já vinha sendo evidenciada na literatura, como no estudo de Gholami et al. (2018) que apresentou que a velocidade de condução nervosa do tríceps sural aumentou significativamente após 12 semanas de exercício aeróbico moderado em homens diabéticos com NP. De modo semelhante, Dixit, Maiya e Shastry (2013) também encontraram melhora considerável na velocidade de condução nervosa muscular a partir do treino aeróbico moderado, e concluíram, assim, que essa intervenção é capaz de modular a função nervosa.

Além do que já foi exposto, outro efeito importante da intervenção de Jafarnizhadgero, Mamashi e Granader (2021) foi o aumento do segundo pico da força vertical de reação ao solo. As Forças de Reação ao Solo (FRS) são diretamente relacionadas com a biomecânica e cinética da marcha (Jafarnezhadgero; Majlesi; Azadian, 2017), sendo resultado do peso corporal e da força muscular exercida na interação do pé com a superfície de contato (Barela;

Duarte, 2011). Segundo Levada e Costa (2012) o primeiro pico do componente vertical das FRS representa o contato inicial do calcanhar com o solo, enquanto o segundo equivale a fase final do apoio, ou seja, a fase de propulsão do pré-balanço. Sendo assim, compreende-se que o exercício aeróbico proposto pelos autores foi capaz de aumentar a força exercida na propulsão do pé, favorecendo o impulso da marcha. Não obstante, a pesquisa de Monteiro et al. (2020) conseguiu resultados parecidos no segundo pico de pressão da força vertical ao solo ao implementar um protocolo de exercícios resistidos voltado para o fortalecimento específico dos músculos extrínsecos e intrínsecos do pé, junto ao treino de marcha por 12 semanas. Os pesquisadores ainda afirmam que além dos resultados encontrados na FRS, a força dos dedos do pé e a mobilidade articular do tornozelo também foram melhoradas. Esses resultados permitem associar que tanto o exercício aeróbico quanto o resistido trazem benefícios para a força muscular, propulsão do pé e, conseqüentemente, à biomecânica da marcha.

Já em relação ao componente funcional do equilíbrio, foram incluídos cinco materiais para compor a amostra final. Dentre eles, o estudo de Nadi, Bambaiechi e Marandi (2019) comparou os efeitos do treino de fortalecimento de baixa intensidade para membros superiores e inferiores com o treino de exercícios de alongamento e mobilidade para membros inferiores no equilíbrio de 45 mulheres com NP diabética. Ao final de 12 semanas, os autores concluíram que as duas intervenções trouxeram resultados positivos na melhora do equilíbrio estático e dinâmico mensurado pelo *De Morton Mobility Index* (DEMMI), porém, o grupo submetido aos exercícios de alongamento e mobilidade para membros inferiores apresentou um aumento mais significativo do equilíbrio pós-intervenção. Apesar dessa diferença de resultado entre as intervenções e de não haver muitos estudos acerca do treino resistido no componente do equilíbrio de diabéticos com NP, a literatura traz evidência quanto a efetividade do fortalecimento no equilíbrio corporal de modo geral, como o estudo de Leopoldino et al. (2020), que concluiu que o protocolo de fortalecimento muscular de membros inferiores foi eficaz no aumento do equilíbrio e performance funcional de idosos. Contudo, a revisão sistemática de Mann et al. (2009) apresenta que o fortalecimento de forma isolada não traz tantos resultados significativos no equilíbrio quanto uma intervenção combinada de exercícios de fortalecimento, propriocepção e coordenação.

O treino proprioceptivo é baseado em exercícios e posturas que desafiam a estabilidade corporal, estimulando a ativação muscular adequada para a compensação reativa e a manutenção do equilíbrio durante a atividade (Leporace; Metsavaht; Sposito, 2009). Diante disso, o ensaio clínico de Abdelbasset et al. (2020) investigou o efeito de um protocolo de exercícios proprioceptivos e treino de marcha em diabéticos com NP, na faixa etária de 40 a 60 anos. Os autores avaliaram o equilíbrio a partir da Escala de Equilíbrio de Berg (EEB), constatando que o grupo intervenção obteve um aumento significativo no escore total após as 8 semanas de intervenção, além de também apresentarem melhores resultados em comparação ao grupo controle. De modo semelhante, a pesquisa de Ahmad et al. (2019) também encontrou uma melhora significativa do equilíbrio estático e dinâmico de pacientes com NP na mesma faixa etária ao utilizarem um treino sensório-motor baseado em exercícios proprioceptivos, de marcha e para os músculos do Core. Desse modo, percebe-se como o treino proprioceptivo se associou diretamente com o desempenho funcional do equilíbrio nos dois estudos, indo de encontro com os resultados encontrados no ensaio de Santos et al. (2008) que concluiu que o treino proprioceptivo sensório-motor foi capaz de melhorar a estabilidade corporal referente à oscilação do COP de mulheres diabéticas.

Ademais, vale destacar a inserção de exercícios específicos para os músculos do *core* feita pelo estudo de Ahmad et al. (2019) como estratégia de intervenção para ganho de equilíbrio. Esses músculos são tidos como principais estabilizadores centrais da coluna lombar, formando uma espécie de caixa nesse segmento, através do transverso do abdome, paravertebrais, multifídios, glúteos, diafragma e assoalho pélvico (Akuthota et al., 2008). Desse modo, os exercícios para esses grupos musculares vêm sendo associados à maior estabilidade da coluna e controle corporal (Kim; Yim, 2020).

Dois estudos da amostra escolhida investigaram os efeitos de exercícios para o *core* no equilíbrio de pacientes com NP diabética. Dentre eles, o ensaio clínico de Pavana, Prenarajan e Ghosh (2021) realizou um protocolo com duas intervenções durante 6 semanas, sendo o grupo controle composto pelos exercícios proprioceptivos e o grupo experimental pelos exercícios para fortalecimento do *core*. Como resultado, os autores afirmam que os dois grupos tiveram aumento significativo do escore de equilíbrio na EEB, ainda que o grupo controle tenha tido

um percentual ligeiramente maior que o experimental. Consoante a isso, a pesquisa de Battersha et al. (2018) investigou o aumento do equilíbrio de diabéticos com NP através de exercícios proprioceptivos isolados e exercícios proprioceptivos somados aos exercícios do *core*, obtendo resultados mais significativos de estabilidade geral no grupo que realizou as duas intervenções. Dessa forma, a inserção dos exercícios para os músculos do *core* parece ser uma possibilidade eficaz na reabilitação do equilíbrio e estabilidade corporal, podendo ser associada a outras modalidades de exercício para promoção da funcionalidade dos pacientes neuropatas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação realizada neste estudo permite compreender que a neuropatia periférica é uma das complicações crônicas mais frequentes do diabetes mellitus, trazendo diversos comprometimentos sensório motores, refletindo na sensibilidade, mobilidade, força muscular e equilíbrio. Nesse contexto, a fisioterapia pode e deve atuar como parte do manejo dessas condições, podendo se valer, dentre vários recursos, da cinesioterapia.

Os dados analisados demonstraram que a cinesioterapia traz resultados positivos na força muscular e no equilíbrio de diabéticos com neuropatia periférica. Com base nos estudos relacionados à força muscular, foi possível perceber que os exercícios de fortalecimento e os aeróbicos, tanto de forma isolada quanto de forma combinada, são capazes de promover o aumento da ativação muscular, força muscular e força de propulsão na marcha.

Ademais, diante dos estudos relacionados ao equilíbrio, pode-se afirmar que o treino proprioceptivo traz resultados bastante efetivos no aumento do equilíbrio dinâmico e estático dos pacientes com NP. Além disso, os exercícios de fortalecimento de grandes grupos musculares e dos músculos específicos do *core* também demonstraram ser eficazes na estabilização corporal, principalmente quando associados aos exercícios proprioceptivos.

Apesar dos resultados encontrados, a presente pesquisa apresentou algumas limitações como: a pouca padronização da faixa etária entre os participantes dos estudos; a falta de avaliação da qualidade metodológica dos materiais selecionados; a baixa quantidade de ensaios clínicos randomizados

disponíveis que abordassem a cinesioterapia nos componentes específicos da força muscular e equilíbrio na NP diabética. Portanto, observa-se a oportunidade de incentivar um maior número de estudos relacionados à temática deste trabalho, promovendo maior padronização de pesquisa e produção de conhecimento na área.

REFERÊNCIAS

- ABDELBASSET, Walid Kamal et al. Therapeutic effects of proprioceptive exercise on functional capacity, anxiety, and depression in patients with diabetic neuropathy: a 2-month prospective study. **Clinical rheumatology**, v. 39, p. 3091-3097, 2020.
- AGUILAR-REBOLLEDO, Francisco. Guía clínica “Neuropatía Diabética” para médicos. **Plasticidad y Restauración Neurológica**, v. 4, n. 1-2, p. 35-47, 2005.
- AHMAD, Irshad et al. Effect of sensorimotor training on balance measures and proprioception among middle and older age adults with diabetic peripheral neuropathy. **Gait & posture**, v. 74, p. 114-120, 2019.
- AKUTHOTA, Venu et al. Core stability exercise principles. **Current sports medicine reports** vol. 7,1 (2008): 39-44.
- ALMEIDA, Tânia; CRUZ, Sónia Cunha. Neuropatia diabética. **Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar**, v. 23, n. 5, p. 605-13, 2007.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Screening for type 2 diabetes. **Diabetes care**, v. 26, n. suppl_1, p. s21–s24, 2003.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION; Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care* 1 January 2011; 34 (Supplement_1): S62–S69
- ARSA, Gisela et al. Diabetes Mellitus tipo 2: Aspectos fisiológicos, genéticos e formas de exercício físico para seu controle. **Rev bras cineantropom desempenho hum**, v. 11, n. 1, p. 103-11, 2009.
- BARELA, Ana Maria Forti; DUARTE, Marcos. Utilização da plataforma de força para aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 6, n. 1, p. 56-61, 2011.
- BATTESHA, Hanan Hosny M. et al. Effect of core stability exercises and desensitisation therapy on limit of stability in diabetic peripheral neuropathy patients. **International Journal of Therapy and Rehabilitation**, v. 25, n. 3, p. 128-134, 2018.
- BEM, Andreza Fabro de; KUNDE, Juliana. A importância da determinação da hemoglobina glicada no monitoramento das complicações crônicas do diabetes mellitus. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial* [online]. 2006, v. 42, n. 3
- BLUESTONE, Jeffrey; HEROLD, Kevan; EISENBARTH, George. Genetics, pathogenesis, and clinical interventions in type 1 diabetes. **Nature**, 464(7293), 1293–1300, 2010.
- BOUGHERARA, L. et al. Diabetes gestacional. *EMC - Ginecología-Obstetricia*, v. 54, n. 1, p. 1–11, 2018.
- BRASILEIRO, José Lacerda et al. Pé diabético: aspectos clínicos. **Jornal vascular brasileiro**, v. 4, n. 1, p. 11-21, 2019.
- BROWNE, William; NAIR, Baakrishnan (KICHU) R. The Timed Up and Go test. **The Medical journal of Australia**, v. 210, n. 1, p. 13, 2019.
- BROWNLEE, Michael. (2005). The pathobiology of diabetic complications: a unifying mechanism. *Diabetes*, 54(6), 1615–1625.
- CAMACHO, Victor Manuel García. **Fisioterapia para mejorar las respuestas sensoriales y funcionales en tobillo y pie en pacientes con neuropatía periférica diabética**. [s.l.] Universidad Técnica de Ambato/ Facultad de Ciencias de Salud /Carrera de Fisioterapia, 1 mar. 2023.
- CASTRO-JUÁREZ, Carlos Jonnathan et al. Genetic epidemiology on casual theories and pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *Gaceta medica de Mexico*, v. 153, n. 7, 2023.

CASTRO, Rebeca Machado Ferreira de et al. Diabetes mellitus and its complications-a systematic and informative review. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 1, p. 3349-3391, 2021.

CÁRDENAS, Santiago; CONTRERAS, Andrés; MELGUIZO, Isaac. Fisiopatología de la Diabetes Tipo 2. Revisión del tema. **Medicina UPB**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 169–178, 2000.

CARMICHAEL, Josie et al. Advances in screening, early diagnosis and accurate staging of diabetic neuropathy. **Frontiers in Endocrinology**, v. 12, p. 671257, 2021.

COBAS, R. et al. Diagnóstico do diabetes e rastreamento do diabetes tipo 2. Em: Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes. [s.l.] Conectando Pessoas, 2022.

CUNHA, Rosalina de Paula Ferreira. A plasticidade neural e a neuropatia periférica diabética. **Fisioterapia Brasil**, v. 3, n. 2, p. 108-115, 2002.

CYRIACO, A. F. F. et al. Pesquisa qualitativa: conceitos importantes e breve revisão de sua aplicação à geriatria/gerontologia. **Geriatrics, Gerontology and Aging, Rio de Janeiro**, v. 11, n. 1, p. 4-9, 2017.

DARIYA, Begum et al. Pathophysiology, etiology, epidemiology of type 1 diabetes and computational approaches for immune targets and therapy. **Critical reviews in imunology**, v. 39, n. 4, p. 239–265, 2019.

DE CAMARGO, Marcela Regina. **Parâmetros espaço temporais da marcha e inter-relação com equilíbrio e força muscular isométrica de tornozelos em diabéticos com neuropatia periférica**. Universidade Estadual Paulista- UNESP. 2009: [s.n.].

DIAS, Rafael José Sores Dias.; CARNEIRO, Armando pereira. Neuropatia diabética: fisiopatologia, clínica e eletroneuromiografia. **Acta Fisiátrica**, v. 7, n. 1, p. 35–44, 2000.

DIMEGLIO, Linda A; MOLINA, Carmella Evans; ORAM, Richard A. Type 1 diabetes. *Lancet*, v. 391, n. 10138, p. 2449–2462, 2018.

DIXIT, Snehil; MAIYA, Arun. G; SHASTRY, B. A. (2014). Effect of aerobic exercise on peripheral nerve functions of population with diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes: A single blind, parallel group randomized controlled trial. **Journal of Diabetes and Its Complications**, 28(3), 332–339. doi:10.1016/j.jdiacomp.2013.12.006

DUARTE, Marcos; FREITAS, Sandra. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 14, n. 3, p. 183–192, maio 2010.

FAVRETTO, Mateus Andre et al. AVALIAÇÃO DA VELOCIDADE DE CONDUÇÃO DA FIBRA MUSCULAR EM INDIVÍDUOS DIABÉTICOS COM E SEM NEUROPATIA PERIFÉRICA. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e X Simpósio de Engenharia Biomédica**. 2018. p. 204-207.

FENG, Yuzhe; SCHLÖSSER, Felix J.; SUMPIO, Bauer E. The Semmes Weinstein monofilament examination is a significant predictor of the risk of foot ulceration and amputation in patients with diabetes mellitus. **Journal of vascular surgery**, v. 53, n. 1, p. 220-226. e5, 2011.

FIGUEIREDO, Bárbara Queiroz de et al. Chronic complications arising from Diabetes mellitus: a narrative literature review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 14, p. e96101421794, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.21794.

FORTALEZA, Ana Claudia de Souza. Controle postural, equilíbrio funcional e estabilidade do ato de locomoção na neuropatia diabética periférica. 2011.

FORTALEZA, Ana Claudia de Souza et al. Postural control and functional balance in individuals with diabetic peripheral neuropathy. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 15, p. 305-314, 2013.

FOSS-FREITAS, Maria C.; FOSS, Milton Cesar. Cetoacidose diabética e estado hiperglicêmico hiperosmolar. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 36, n. 2/4, p. 389-393, 2003.

GALLEGO, Rosa; CALDEIRA, Jorge. Complicações agudas da diabetes mellitus. **Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar**, v. 23, n. 5, p. 565-75, 2007.

FREGONESI, Cristina Elena Prado Teles et al. Força muscular e parâmetros espaço temporais da marcha em diabéticos neuropatas. **Terapia Manual**, v. 10, n. 47, 2013.

FREITAS, Cláudia et al. O teste com Neuropad na detecção precoce da neuropatia periférica do doente diabético. **Acta Médica Portuguesa**, v. 22, n. 6, p. 729-34, 2009.

GAGLIARDI, Antonio RT. Neuropatia diabética periférica. **Jornal vascular brasileiro**, v. 2, n. 1, p. 67-74, 2020.

GIACOMOZZI, Claudia et al. Muscle performance and ankle joint mobility in long-term patients with diabetes. **BMC Musculoskelet Disord**. 2008;9:99. Published 2008 Jul 4.

GIL, Antônio Carlos. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, n. 1, p. 44-45, 2002.

GOMES, Aline Arcanjo et al. Efeitos da intervenção fisioterapêutica nas respostas sensoriais e funcionais de diabéticos neuropatas. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 14, n. 1, p. 14-21, 2007.

GHOLAMI, Farhad et al. (2018). Effect of aerobic training on nerve conduction in men with type 2 diabetes and peripheral neuropathy: A randomized controlled trial. **Neurophysiologie Clinique**, 48(4), 195–202. doi:10.1016/j.neucli.2018.03.001

HENRIQUES, Ricardo Saad et al. Direct costs of type 2 diabetes: A Brazilian cost-of-illness study. **International journal of technology assessment in health care**, v. 34, n. 2, p. 180–188, 2018.

HUANG, Dou et al. Macrovascular complications in patients with diabetes and prediabetes. **BioMed research international**, v. 2017, 2017.

HOLMES, Clifton J; HASTINGS, Mary K. The Application of Exercise Training for Diabetic Peripheral Neuropathy. **Journal of clinical medicine**, vol. 10,21 5042. 28 Oct. 2021, doi:10.3390/jcm10215042

INCHAUSPE, Ramiro Marques; BARBIAN, Pablo Morales; SILVA, Marcelo Schilling. Cinesioterapia funcional: prevenção, reabilitação, treinamento e desempenho. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 03, v.03, 0.100-109. Março de 2019. ISSN: 2448-0959.

International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 10th edn. Brussels, Belgium: 2021. Available at: <https://www.diabetesatlas.org>

JAFARNEZHADGERO, Amir Ali; MAJLESI, Mahdi; AZADIAN, Elaheh. Gait ground reaction force characteristics in deaf and hearing children. **Gait & Posture**, 53 (2017), 236–240. doi: 10.1016/j.gaitpost. 2017.02.006

KHAN, Neha; AHMAD, Irshad; NOOHU, Majumi M. (2020). Association of disease duration and sensorimotor function in type 2 diabetes mellitus: beyond diabetic peripheral neuropathy. **Somatosensory & Motor Research**, 1–8.

KIM, Beomryong; YIM, Jongeun. Core Stability and Hip Exercises Improve Physical Function and Activity in Patients with Non-Specific Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. **The Tohoku journal of experimental medicine** vol. 251,3 (2020): 193-206. doi:10.1620/tjem.251.193

LEOPOLDINO, Amanda Aparecida Oliveira et al. Impacto de um programa de fortalecimento muscular dos membros inferiores no equilíbrio e na performance funcional de idosos institucionalizados: um estudo controlado e randomizado. **Acta Fisiátrica**, v. 27, n. 3, p. 174-181, 2020.

LEPORACE, Gustavo; METSAVAHT, Leonardo; DE MELLO SPOSITO, Maria Matilde. Importância do treinamento da propriocepção e do controle motor na reabilitação após lesões músculo-esqueléticas. **Acta fisiátrica**, v. 16, n. 3, p. 126-131, 2009.

LEVADA, Giovana; COSTA, Paula Hentschel Lobo da. Estudo da variabilidade das forças de reação do solo na aquisição do andar independente em bebês. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 18, p. 356-365, 2012.

LONGORIA, E. G. G. de; ARIAS, P. F. Fisioterapia en la diabetes mellitus. **Fisioterapia (Madrid. Ed. impresa)**, v. 24, n. 3, p. 147–159, 2002. 10.1016/s0211-5638(02)72996-9

LYRA, Ruy. et al. Prevenção do diabetes mellitus tipo 2. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 50, n. 2, p. 239–249, abr. 2006.

Mahler RJ, Adler ML. Clinical review 102: Type 2 diabetes mellitus: update on diagnosis, pathophysiology, and treatment. *J Clin Endocrinol Metab.* 1999 Apr;84(4):1165-71. doi: 10.1210/jcem.84.4.5612. PMID: 10199747.

MALTA, Déborah Carvalho. et al. Indicadores da linha de cuidado de pessoas com diabetes no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde 2013 e 2019. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 31, n. spe1, 2022. DOI: 10.1590/SS2237-9622202200011.

MANN, Luana et al. Equilíbrio corporal e exercícios físicos: uma revisão sistemática. **Motriz. Journal of Physical Education. UNESP**, p. 713-722, 2009.

MANTOVANI, Alessandra Madia et al. FORÇA MUSCULAR ISOMÉTRICA NAS NEUROPATIAS DIABÉTICA E HANSÊNICA. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 16, n. 3, 7 abr. 2015.

MARCONDES, José Antonio Miguel. Diabete melito: fisiopatologia e tratamento. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, v. 5, n. 1, p. 18-26, 2003.

MARQUES, Marilane Vilela et al. Distribuição espacial da mortalidade por diabetes no Brasil. **Saúde e Desenvolvimento Humano**, v. 8, n. 3, p. 113-122, 2020.

MARTINELLI, Alessandra Rezende et al. Changes of the gait parameters and sensory-motor deficit associated with peripheral diabetic neuropathy. **Acta Fisiátrica**, v. 21, n. 1, 2014. DOI: 10.5935/0104-7795.20140008

MENZ, Hylton B. et al. Walking stability and sensorimotor function in older people with diabetic peripheral neuropathy. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 85, n. 2, p. 245-252, 2004.

MONTENEGRO JR, Renan; CHAVES, Mariana; FERNANDES, Virginia. Fisiologia pancreática: Pâncreas endócrino. 2016.

MORALES, Elizabeth Vázquez et al. Sedentarismo, alimentación, obesidad, consumo de alcohol y tabaco como factores de riesgo para el desarrollo de diabetes tipo 2. **Journal of Negative & no Positive Results**, v. 4, n. 10, p. 1011-1021, 2019.

MOREIRA, Rodrigo O. et al. Tradução para o português e avaliação da confiabilidade de uma escala para diagnóstico da polineuropatia distal diabética. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 49, p. 944-950, 2005.

BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE. Vigitel Brasil 2021: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico.

NASCIMENTO, Osvaldo José Moreira do; PUPE, Camila Castelo Branco.; CAVALCANTI, Eduardo Boiteux Uchôa. Diabetic neuropathy. **Revista Dor**, v. 17, 2016. DOI 10.5935/1806-0013.20160047

NASCIMENTO, Rayssa Tuana Lourenço et al. Neuropatia diabética dolorosa-aspectos clínicos, diagnóstico e tratamento: uma revisão de literatura. **Revista Uningá**, v. 43, n. 1, 2015.

NADI, Maryam; BAMBAEICHI, Effat; MARANDI, Seyyed Mohammad. Comparison of the effect of two therapeutic exercises on the inflammatory and physiological conditions and complications of diabetic

neuropathy in female patients. **Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy**, p. 1493-1501, 2019.

NETTO, Augusto Pimazoni et al. Atualização sobre hemoglobina glicada (HbA1C) para avaliação do controle glicêmico e para o diagnóstico do diabetes: aspectos clínicos e laboratoriais. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**. 2009, v. 45, n. 1

NILSON, Eduardo Augusto Fernandes et al. Custos atribuíveis a obesidade, hipertensão e diabetes no Sistema Único de Saúde, Brasil, 2018. *Revista Panamericana de Salud Pública* [online]. v. 44

OLIVEIRA, Marissol Maximiano de. Efeitos da neuropatia periférica no equilíbrio estático e no padrão cinemático 3D da marcha de diabéticos. 2021.

OLIVEIRA, Vaneska Sousa et al. Oscilações no equilíbrio estático relacionadas a diabetes mellitus tipo 2—uma revisão sistemática. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 13, p. e5031-e5031, 2023.

PAIVA, Dandara Medeiros et al. Métodos utilizados no diagnóstico de neuropatia diabética: uma revisão integrativa. 2016.

PALMA, Felipe H. et al. Static balance in patients presenting diabetes mellitus type 2 with and without diabetic polyneuropathy. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 57, n. 9, p. 722-726, 2013.

PARK, So Young; GAUTIER, Jean-François; CHON, Suk. Assessment of insulin secretion and insulin resistance in human. *Diabetes & metabolism journal*, v. 45, n. 5, p. 641–654, 2021.

PREMRAJAN, Nair Anjali et al. Effectiveness of Core Stability Exercise and Proprioception Exercise on Balance in Subjects with Diabetic Neuropathy-A Randomized Controlled Trial. **Indian Journal of Physiotherapy & Occupational Therapy Print-(ISSN 0973-5666) and Electronic-(ISSN 0973-5674)**, v. 15, n. 3, p. 81-89, 2021.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, p. 76-97, 2006.

REIS, Janice Sepúlveda. et al. Estresse oxidativo: revisão da sinalização metabólica no diabetes tipo 1. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 52, n. 7, p. 1096–1105, out. 2008.

REARDON, Rebecca et al. The diabetic foot ulcer. **Aust J Gen Pract**. 2020;49(5):250-255.

RODACKI, Melanie. et al. Classificação do diabetes. Em: Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes. [s.l.] Conectando Pessoas, 2022.

ROLIM, Luiz Clemente et al. Diagnóstico e tratamento da neuropatia periférica diabética. Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes (2022).

ROJAS DE P, Elizabeth; MOLINA, Rusty; RODRIGUEZ, Cruz. Definición, clasificación y diagnóstico de la diabetes mellitus. **Rev. Venez. Endocrinol. Metab.**, Mérida, v. 10, supl. 1, p. 7-12, oct. 2012

SÁ, Rodrigo Cimino Sá; ALVES, Rubens Silvio.; NAVAS, Edna Aparecida Ferraz de Araújo. DIABETES MELLITUS: AVALIAÇÃO E CONTROLE ATRAVÉS DA GLICEMIA EM JEJUM E HEMOGLOBINA GLICADA. *Revista Univap*, v. 20, n. 35, p. 15, 2014

SACCO, Isabel de Camargo Neves et al. Avaliação das perdas sensorio-motoras do pé e tornozelo decorrentes da neuropatia diabética. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, n. 1, p. 27–33, jan. 2007.

SACCO, Isabel de Camargo Neves et al. Alteração do arco longitudinal medial na neuropatia periférica diabética. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 13–16, 2009.

SALES, Kelson Luiz da Silva; SOUZA, Leonardo Alves de; CARDOSO, Vinicius Saura. Equilíbrio estático de indivíduos com neuropatia periférica diabética. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 122–127, 2012. DOI: 10.1590/S1809-29502012000200006.

SÁNCHEZ, Gloriana Arroyo; CÁRDENAS, Saúl Quirós. Cetoacidosis diabética y estado hiperglicémico hiperosmolar: un enfoque práctico. **Revista Clínica de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica**, v. 6, n. 1, p. 138-143, 2016.

SANTOS, A. A. et al. Efeito do treinamento proprioceptivo em mulheres diabéticas. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 12, p. 183-187, 2008.

SARAIVA, José Francisco Kerr et al. Diabetes mellitus no Brasil: características clínicas, padrão de tratamento e custos associados ao cuidado da doença. **J Bras Econ Saúde**, v. 8, n. 2, p. 80-90, 2016. DOI: 10.21115/JBES.v8.n2.p80-90

SCHMID, Helena; NEUMANN, Cristina; BRUGNARA, Laura. O diabetes melito e a desnervação dos membros inferiores: a visão do diabetólogo. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 2, n. 1, p. 37-48, 2020.

SILVA, Roni Robson da et al. Neuropatias diabéticas periféricas como complicações do diabetes mellitus: estudo de revisão. **Saúde Coletiva (Barueri)**, v. 11, n. 67, p. 6923-6936, 2021.

SOUZA, Maira Regina de et al. NEUROPATIA AUTONÔMICA CARDIOVASCULAR EM PACIENTES COM DIABETES MELLITUS: PERSPECTIVAS ATUAIS. **Rev Bras Hipertens**, v. 26, n. 4, p. 131-6, 2019.

STRECK, Emilio luiz; TOMASI, Luiza Trajano. Exames realizados para diagnostico e monitoramento de diabetes mellitus. **Inova Saúde**, v. 15, n. 1, p. 44–50, 2023.

STRECKMANN, Fiona et al. (2014). Exercise Intervention Studies in Patients with Peripheral Neuropathy: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 44(9), 1289–1304. doi:10.1007/s40279-014-0207-5

STUMVOLL, Michael, GOLDSTEIN Barry, HAEFTEN, Timon W Van. Type 2 diabetes: principles of pathogenesis and therapy. *Lancet*. 2005 Apr 9-15;365(9467):1333-46.

TIMAR, Bogdan et al. The impact of diabetic neuropathy on balance and on the risk of falls in patients with type 2 diabetes mellitus: a cross-sectional study. **PLoS one**, v. 11, n. 4, p. e0154654, 2016.

TRIPATHI, Brajendra Kumar; SRIVASTAVA, Arvind Kumar. Diabetes mellitus: complications and therapeutics. **Med Sci Monit**, v. 12, n. 7, p. 130-47, 2006.

TRICHES, Cristina et al. Complicações macrovasculares do diabetes melito: peculiaridades clínicas, de diagnóstico e manejo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, p. 698-708, 2009.

TSCHIEDEL, Balduino et al. Complicações crônicas do diabetes. **Jornal Brasileiro de Medicina**, v. 102, n. 5, p. 7-12, 2014.

VASCO, Beatriz Brandão et al. Elaboração de protocolo de investigação de neuropatia periférica em pacientes diabéticos. **CuidArte, Enferm**, p. 22–26, 1 jan. 2019.

APÊNDICE- ARTIGO**EFEITOS DA CINESIOTERAPIA NA FORÇA MUSCULAR DE DIABÉTICOS COM NEUROPATIA PERIFÉRICA ¹****EFFECTS OF KINESIOTHERAPY ON THE MUSCLE STRENGTH OF DIABETIC PEOPLE WITH PERIPHERAL NEUROPATHY**Lara Regina Maia Feitosa²Camila Mendes Ferreira Lima³Pâmela Andreza Melonio Cerveira ⁴Adelzir Malheiros e Silva Carvalho Barbosa Haidar ⁵**RESUMO**

A neuropatia periférica é uma das principais complicações crônicas do diabetes mellitus, sendo caracterizada pelo comprometimento progressivo das fibras do sistema nervoso periférico, causando déficits sensitivos e motores, como o desenvolvimento de parestias. Diante disso, a fisioterapia se insere no tratamento dessa condição visando a reabilitação e manutenção das capacidades funcionais, podendo se valer dos exercícios terapêuticos e de suas diversas modalidades de treinamento. Desse modo, este estudo objetiva analisar os efeitos da cinesioterapia na força muscular de pacientes diabéticos adultos com neuropatia periférica. Este estudo trata-se de uma revisão de literatura de caráter exploratório e descritivo, com abordagem qualitativa. Para tanto foi realizada a busca de artigos dos últimos cinco anos através das bases de dados Medline, Cochrane e PEDro. Ao final do processo de leitura, avaliação e exclusão, foram selecionados 6 artigos originais. Os dados encontrados demonstraram resultados significativos dos exercícios resistidos e aeróbicos na força muscular de membros inferiores, ativação muscular, capacidade funcional e forças de reação ao solo de pacientes com neuropatia periférica diabética. Sendo assim, a cinesioterapia trouxe efeitos positivos para a força muscular, ascendendo a importância da atuação fisioterapêutica no manejo da neuropatia periférica diabética.

¹ Trabalho inserido no eixo instrucional dos Aspectos Biopsicossociais da Saúde Humana da área de conhecimento de ciências da saúde.

² Aluna do 10^o período do curso de fisioterapia da Unidade de Ensino Dom Bosco- UNDB, e-mail: lararmf123@gmail.com

³ Aluna do 10^o período do curso de fisioterapia da Unidade de Ensino Dom Bosco- UNDB, e-mail: mendescamila456@gmail.com

⁴ Aluna do 10^o período do curso de fisioterapia da Unidade de Ensino Dom Bosco- UNDB, e-mail: pamelaandrezamelonio@gmail.com

⁵ Professora, mestre, orientadora, email: adelzir.haidar@undb.edu.br

Palavras-chave: Diabetes Mellitus; Neuropatias Diabéticas; Força Muscular; Exercício Terapêutico.

ABSTRACT

Peripheral neuropathy is one of the main chronic complications of diabetes mellitus, characterized by the progressive impairment of nervous system fibers, causing sensory and motor deficits, such as the development of paresis. Therefore, physiotherapy is part of the treatment of this condition, modifying the rehabilitation and maintenance of functional capabilities, and can make use of therapeutic exercises and their various training modalities. Therefore, this objective study analyzes the effects of kinesiotherapy on the muscle strength of adult diabetic patients with peripheral neuropathy. This study is an exploratory and descriptive literature review, with a qualitative approach. To this end, a search for articles from the last five years was carried out through the Medline, Cochrane and PEDro databases. At the end of the reading, evaluation, and exclusion process, 6 original articles were selected. The data found show proven results from resistance and aerobic exercises on lower limb muscle strength, muscle activation, functional capacity, and ground strength in patients with diabetic peripheral neuropathy. Therefore, kinesiotherapy brought positive effects to muscle strength, increasing the importance of physiotherapeutic action in the management of diabetic peripheral neuropathy.

Keywords: Diabetes Mellitus; Diabetic Neuropathies; Muscle strength; Therapeutic Exercise.

INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) se classifica como uma Doença Crônica Não Transmissível (DCNT) de alta prevalência, sendo assim considerada uma epidemia global. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), ao contrário de outras doenças não transmissíveis, o DM ainda segue como um desafio urgente para a sociedade devido ao aumento do número de pacientes graves, hospitalização e mortalidade nas últimas décadas. Colaborando com essa perspectiva, as pesquisas nacionais de saúde de 2013 e 2019 evidenciaram um aumento significativo da prevalência de DM no Brasil, refletindo no aumento percentual de custos para o sistema público através de medicamentos, exames e previdência social, por aposentadorias precoces ou afastamento do trabalho (Malta et al., 2022). Os gastos também estão diretamente associados ao aumento da frequência de complicações

crônicas do DM, que trazem o agravamento do estado de saúde e, conseqüentemente, maior necessidade de assistência (Saraiva et al., 2016).

O estado de hiperglicemia crônica do DM desencadeia alterações metabólicas que culminam no desenvolvimento de complicações macrovasculares, como doenças cardíacas, e microvasculares, como a retinopatia, a nefropatia, a insuficiência renal e a neuropatia diabética (Figueiredo et al., 2021). A Neuropatia Periférica (NP) associada ao diabetes é uma condição caracterizada por um conjunto de síndromes clínicas ou subclínicas que envolvem o comprometimento de fibras nervosas do sistema nervoso periférico somático e autônomo, sendo a neuropatia sensório-motora sua forma mais prevalente (Nascimento; Pupe; Cavalcanti, 2016). A NP acomete mais de 50% dos pacientes diabéticos ainda que de forma assintomática, pois seu desenvolvimento é progressivo e por muitas vezes insidioso dependendo do tempo da doença e do controle glicêmico de cada paciente (Vasco et al., 2019).

O acometimento progressivo das fibras nervosas periféricas resulta em diversos sintomas que variam entre hiperalgesia, parestesias, formigamento, queimação, pontadas, paresias e até mesmo disfunções viscerais (Dias, Carneiro 2000). Os prejuízos sensório-motores são as queixas mais frequentes e que mais influenciam na funcionalidade dos pacientes, visto que refletem negativamente nos mecanismos de manutenção do equilíbrio estático e controle postural, devido à diminuição do feedback sensitivo plantar (Sales; Souza; Cardoso, 2012). Além disso, o comprometimento nervoso periférico incide no grau de inervação muscular, ou seja, prejudica diretamente o processo de ativação muscular, refletindo no desenvolvimento progressivo de paresias (Mantovani et al., 2015). Como consequência da junção dos déficits de força e de sensibilidade, o equilíbrio dinâmico também é prejudicado, sendo assim, os indivíduos passam a apresentar maior oscilação ao deambular, demandando maior tempo em cada fase da marcha (Martinelli et al. 2014).

O quadro clínico e funcional da NP demanda um acompanhamento multidisciplinar com medidas de prevenção, controle e reabilitação. A fisioterapia se insere nesse contexto visando o retardo das complicações motoras e sensitivas, atuando através de recursos próprios, como por exemplo a cinesioterapia, que é uma modalidade baseada no movimento, se valendo através de alongamentos,

mobilizações, exercícios ativos livres e exercícios resistidos, que podem ser trabalhados em treinos isolados ou combinados (Gomes et al., 2007).

Considerando as complicações e os impactos funcionais causados pela neuropatia periférica, esta pesquisa objetiva analisar os resultados descritos na literatura acerca dos efeitos dos exercícios terapêuticos na força muscular de pacientes adultos com neuropatia periférica. Para tanto, foi realizada uma revisão de literatura qualitativa utilizando as bases de dados: *Cochrane library*, *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE) e *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro).

1 NEUROPATIA PERIFÉRICA DIABÉTICA

A Neuropatia Periférica (NP) associada ao diabetes abrange um conjunto de síndromes clínicas ou subclínicas relacionadas a perda progressiva de fibras nervosas do sistema nervoso periférico somático e autonômico (Gagliardi, 2003). Os mecanismos patológicos mediados pela hiperglicemia crônica causam lesões nas células neurais, gliais, vasculares e conjuntivas, reduzindo a permeabilidade de membrana, aumentando a concentração de sódio e causando a hipóxia axonal (Dias; Carneiro, 2000). Como resultado, esse processo induz a degeneração por injúria e necrose do axônio, também conhecida como degeneração walleriana, que vem acompanhada pela perda de fibras mielinizadas e desmielinizadas, aumentando a deterioração da função neural (Cunha et al., 2002). Sendo assim, o prejuízo sensorio-motor das fibras nervosas periféricas resulta da associação de alterações degenerativas, desmielinizantes e endoteliais (Orsini et al., 2009).

Diante das diversas manifestações sintomáticas e assintomáticas que abrangem a NP, sua classificação pode ser determinada de acordo com o quadro clínico apresentado, mas vale destacar que essas apresentações clínicas podem se sobrepor e coexistir durante a evolução da doença (Almeida; Cruz, 2007).

A polineuropatia simétrica distal (PSD) é a forma clínica mais prevalente nos pacientes diabéticos, ela se desenvolve de maneira gradual e simétrica apresentando sintomas sensitivos e motores de forma ascendente, ou seja, acomete primeiramente os pés, pernas e, depois, as mãos, formando o padrão de meias e luvas (Nascimento et al., 2015). Os sintomas da PSD costumam envolver parestesias, queimação, hiperalgesia, fincadas, dor e câimbras musculares, com

piora durante a noite (Dias; Carneiro, 2000). Por outro lado, as radiculopatias são apresentações assimétricas, pois envolvem o comprometimento da raiz nervosa de seguimentos cervicais, torácicos, abdominais e lombossacrais, causando sintomas de dor intensa e déficit sensorial na área de dermatoma correspondente (Nascimento; Pupe; Cavalcanti, 2016).

Ademais, há formas de neuropatias compressivas focais e multifocais, onde os sintomas variam de acordo com os nervos afetados. De modo geral, os nervos ulnar, radial, mediano, femoral e fibular são os nervos periféricos mais acometidos, apresentando um quadro inicial de dor aguda, e, em seguida, desenvolvendo sintomas sensório-motores mais acentuados (Rebolledo, 2005). Os nervos cranianos também podem ser acometidos, principalmente naqueles com idade mais avançada. Esse quadro costuma envolver o nervo facial, troclear, e, sobretudo, o oculomotor, na chamada paralisia oculomotora diabética, mas raramente há o envolvimento de vários nervos cranianos em conjunto (Silva et al., 2021).

Além das fibras somáticas, a NP também pode acometer o sistema nervoso autonômico simpático e parassimpático, resultando em disfunções pupilares, cardiovasculares, gastrointestinais, urogenitais, endócrinas, motoras e termorreguladoras. A neuropatia autonômica está presente em grande parte dos pacientes com DM, mas geralmente é assintomática e costuma estar associada a outras formas neuropáticas, sendo frequentemente subdiagnosticada (Nascimento; Pupe; Cavalcanti, 2016).

2 RELAÇÃO DA NEUROPATIA PERIFÉRICA COM O COMPROMETIMENTO DA FORÇA MUSCULAR

Como já foi visto, a hiperglicemia crônica provoca mecanismos patológicos no tecido nervoso, gerando degeneração e desmielinização axonal das fibras nervosas periféricas (Cunha et al., 2002). Diante disso, a denervação das fibras nervosas somáticas eferentes, ou fibras motoras, resulta no déficit de ativação muscular e atrofia do tecido, levando ao prejuízo da força muscular (Camargo, 2009). Vale destacar que segundo estudos recentes a redução da força muscular foi mais evidente em pacientes com mais de cinco anos de desenvolvimento da DM,

quando comparado com aqueles com um tempo menor de evolução clínica (Khan; Ahmad; Noohu, 2020).

As alterações do trofismo muscular são decorrentes do déficit de inativação muscular causado pela degeneração das fibras motoras, acometendo, sobretudo, os músculos intrínsecos dos pés e tornozelos (Fregonesi et al., 2012). Esse processo resulta em deformidades, como os dedos em garra, redução da amplitude de movimento e aumento da pressão plantar, aumentando o risco de ulcerações e complicações do pé diabético (Sacco et al., 2007).

O déficit de mobilidade confere um estado de maior rigidez nas articulações, predispondo a incidência de deformidades estruturais e hiperqueratose da pele, aumentando o potencial de lesões. Além disso, as alterações musculoesqueléticas do pé diabético podem induzir o desabamento do arco longitudinal medial do pé, comprometendo ainda mais a funcionalidade motora pelas alterações biomecânicas características do pé plano (Sacco et al., 2009).

O estudo de Giacomozzi et al. (2008) mostra que a redução da força muscular do complexo pé- tornozelo parece ocorrer em todos os planos de movimento, abrangendo a inversão, eversão, rotação interna, rotação externa, flexão plantar e, principalmente, a dorsiflexão. Além disso, também afirma que alterações musculoesqueléticas da NP também englobam anormalidades de tendões e fâscias musculares, contribuindo para as limitações no desempenho muscular e mobilidade articular dos pacientes neuropatas.

Além disso, o déficit de força muscular associado às alterações estruturais afetam diretamente na capacidade de gerar as forças de reação ao solo, comprometendo o padrão normal da marcha e refletindo em outros prejuízos biomecânicos compensatórios (Menz et al., 2004). Todos esses fatores incidem na complexidade da função motora da NP e suas repercussões sobre o corpo, sobretudo, no pé diabético.

3 METODOLOGIA

Para construção desse trabalho, foram incluídos ensaios clínicos originais publicados de 2017 a 2023 nos idiomas português e inglês, que incluíssem participantes diabéticos portadores de neuropatia periférica e que tivessem a intervenção fisioterapêutica através da cinesioterapia, atendendo o objetivo do

estudo de relacionar essa abordagem com a força muscular. Foram excluídos os estudos que abordassem pacientes menores de 18 anos, resumos expandidos, artigos incompletos e artigos duplicados.

A procura dos artigos envolvidos foi feita a partir das seguintes bases de dados: *Cochrane library*, *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MedLine) e *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro). A estratégia de busca foi feita por meio da associação dos descritores: “Neuropatia diabética”; “fisioterapia”; “exercícios”; “força”. Também foram utilizados seus respectivos correspondentes em inglês: “*Diabetic Neuropathy*”; “*physiotherapy*”; “*exercises*”; “*strength*”.

Todo processo de seleção, análise e apresentação dos estudos foi feita de forma independente. A seleção inicial foi feita com base na leitura do título e resumo dos artigos encontrados em cada base de dados. Em seguida, foi feita a leitura na íntegra de cada material selecionado, buscando identificar aqueles que atendessem todos os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos. Ao final dessa triagem, a análise dos artigos escolhidos foi apresentada em forma de quadro, citando autor, ano de publicação, título, objetivos de estudo, intervenção e resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das palavras-chave utilizadas e da leitura do título e resumo, foram encontrados o total de 44 materiais. Em seguida, após a leitura minuciosa e aplicação dos critérios de exclusão, foram excluídos 38 trabalhos, permanecendo somente 6 artigos científicos para a inclusão final. O resumo dos dados coletados está apresentado no Quadro 1, com a apresentação de cada autor, título, objetivo, intervenção e resultados.

Quadro1- Resumo dos dados coletados nos artigos escolhidos.

Autor e ano	Título	Objetivo	Intervenção	Principais Resultados
Khan et al., 2022	Efeitos do treinamento resistido progressivo em indivíduos com	Avaliar os efeitos de um treinamento resistido progressivo de 12 semanas na força	Ensaio clínico randomizado com protocolo de 12 semanas de intervenção	Indivíduos com polineuropatia diabética não demonstraram melhora significativa

	polineuropatia diabética tipo 2.	muscular de extensores e flexores do tornozelo e joelho, na densidade de fibras nervosas intraepidérmicas e na função motora de indivíduos diabéticos tipo 2 com e sem polineuropatia diabética	contendo aquecimento aeróbico somado aos exercícios de fortalecimento para membros inferiores, superiores, costas e abdome.	na força dos flexores plantares e dorsais do tornozelo. Todavia, demonstraram aumento significativo da força dos extensores e flexores do joelho e melhora no desempenho funcional. Nenhum grupo apresentou mudança na densidade de fibras nervosas intraepidérmicas.
Jafarnejhadgero; Mamashli; Granacher, 2021	Um programa de exercício dominado pela resistência melhora consumo máximo de oxigênio, forças de reação ao solo e atividades musculares em pacientes com neuropatia diabética moderada.	Examinar os efeitos de um programa de exercício dominado pela resistência no consumo máximo de oxigênio (VO ₂ máx.), forças de reação ao solo e atividade muscular durante a caminhada em pacientes com neuropatia diabética moderada.	Ensaio clínico randomizado com protocolo de intervenção de 12 semanas contendo treino progressivo na bicicleta ergométrica e treino de marcha.	Após a intervenção, houve aumento dos valores de VO ₂ máximo, aumento no segundo pico de força vertical do solo e aumento da atividade muscular do glúteo médio e vasto medial na fase de apoio da marcha, reduzindo os choques de impacto do pé com o solo.
Monteiro et al., 2020	Viabilidade e eficácia preliminar de um programa de exercício pé-tornozelo com o objetivo de melhorar a funcionalidade pé-tornozelo e biomecânica da	Analisar a eficácia de um programa de exercício pé-tornozelo de 12 semanas para pessoas com neuropatia diabética, investigando velocidade da	Ensaio clínico randomizado com protocolo de exercícios 4 vezes na semana por 12 semanas, contendo aquecimento, fortalecimento	O grupo intervenção apresentou aumento da força isométrica dos dedos dos pés, aumento do grau de mobilidade articular do tornozelo, aumento do pico de pressão do antepé e da

	marcha em pessoas com neuropatia diabética: Um ensaio clínico randomizado controlado	marcha, força do pé e pressão plantar durante marcha.	de músculos intrínsecos e extrínsecos do pé e exercícios funcionais para marcha e equilíbrio.	velocidade da marcha.
Syedizade; cheragh-birjandi; hamedinia, 2020	Os efeitos do treinamento físico combinado (resistidos-aeróbicos) na creatina quinase e função física de pacientes diabéticos tipo 2 com neuropatia periférica diabética: ensaio clínico randomizado.	Mostrar se o treinamento físico combinando exercícios resistidos e aeróbicos podem afetar as variações de creatina quinase, resistência aeróbica e a força de membros superiores e inferiores de pacientes diabéticos com neuropatia periférica.	Ensaio clínico randomizado com protocolo de 3 sessões por semana durante 8 semanas. Protocolo contendo: 15 minutos de aquecimento; exercícios resistidos para grandes e pequenos grupos musculares de membros inferiores e superiores; finalizando com exercícios aeróbicos por 10-15 min.	Após o treinamento, o grupo intervenção não apresentou melhora significativa da resistência aeróbica, mas demonstrou aumento considerável da força muscular de tronco e, sobretudo, membros inferiores.
Venkataraman et al., 2019	Treinamento de força e equilíbrio de curto prazo não melhora qualidade de vida, mas melhora status funcional de indivíduos com neuropatia	Testar a efetividade de um treinamento estruturado de força e equilíbrio na melhora da qualidade de vida e status funcional de indivíduos com	Ensaio clínico randomizado com intervenção 1 vez por semana durante 8 semanas, contendo:	Os pacientes apresentaram aumento da força muscular do tornozelo, ganho da mobilidade articular, melhora da performance e capacidade funcional,

	periférica diabética: um ensaio clínico randomizado	neuropatia periférica diabética.	exercícios de mobilidade e fortalecimento dos joelhos, tornozelos, antepé e dedos do pé; exercícios para equilíbrio estático e dinâmico; e exercícios de resistência funcional.	tanto a curto prazo (2 meses) quanto a médio prazo (6 meses).
Win et al., 2019	Exercícios de mãos e pés para neuropatia periférica diabética: Um ensaio clínico randomizado.	Determinar a efetividade de exercícios de mãos e pés no desempenho das atividades diárias e funcionalidade física de pessoas com neuropatia periférica diabética.	Ensaio clínico randomizado com protocolo de 8 semanas contendo exercícios de alongamento e mobilidade para mãos e pés, sendo realizados de 2- 3 vezes por semana.	Não houve diferença significativa dos valores de força de preensão palmar e no desempenho funcional das atividades diárias. Apesar disso, foi possível observar aumento comparativo entre os valores de força de antes e após intervenção, e redução do tempo de realização no TUG.

Fonte: Própria autora (2023).

Sabe-se que a cinesioterapia tem como base a aplicação de exercícios terapêuticos planejados sistematicamente visando o aprimoramento de alguma capacidade funcional, podendo ser realizada através de diversas modalidades de exercícios de acordo com os objetivos de intervenção, seja a prevenção, reabilitação ou manutenção do sistema osteoarticular (Inchauspe; Barbian; Santos, 2019).

Diante disso, este estudo incluiu seis ensaios clínicos randomizados que objetivavam avaliar os efeitos dos exercícios terapêuticos nos componentes

funcionais da força muscular de indivíduos com NP diabética. Dentre eles, dois utilizaram protocolos de fortalecimento somente para a musculatura de membros inferiores, focando no complexo pé-tornozelo; dois realizaram treinamento para grandes e pequenos grupos musculares, incluindo membros superiores, inferiores e tronco; um realizou treinamento específico para mãos e pés, e por fim, um realizou protocolo voltado para a resistência aeróbica. Além disso, três deles também realizaram treino de marcha associado ao protocolo de exercícios resistidos.

O estudo de Win et al. (2019) utilizou um protocolo de exercícios voltados para o alongamento e mobilidade especificamente das mãos e dos pés de diabéticos com NP, onde os participantes realizaram o treinamento três vezes ao dia por dez minutos durante 8 semanas. No entanto, ao final da intervenção, não foi possível observar melhora significativa na força muscular através do teste de força de preensão palmar com dinamômetro, nem da mobilidade funcional através do TUG. Por outro lado, a intervenção de Venkataraman et al. (2019), que teve a mesma duração, sendo uma sessão por semana, obteve melhores resultados na força muscular e performance funcional ao incluir exercícios de fortalecimento, equilíbrio estático e dinâmico junto aos exercícios de mobilidade dos pés, joelhos e tornozelos. Por meio dessa diferença, percebe-se que o treinamento resistido e proprioceptivo na conduta cinesioterapêutica influenciam positivamente nos resultados da força muscular e capacidade funcional dos pacientes com NP, indo de acordo com os achados da revisão sistemática de Streckmann et al. (2014), que concluiu que os exercícios de fortalecimento e de propriocepção são estratégias viáveis no manejo da NP diabética, promovendo aumento do desempenho funcional dos indivíduos.

Ademais, dois estudos investigaram os efeitos do treinamento combinado de exercícios resistidos e aeróbicos na força muscular e capacidade funcional de indivíduos com NP diabética. A pesquisa conduzida por Khan et al. (2022) realizou um protocolo de intervenção de 12 semanas, contando com treino de aquecimento na bicicleta ergométrica e treino resistido para grandes grupos musculares de membros superiores, inferiores, costas e abdome. Através da dinamometria isocinética, os autores demonstraram que o treino proposto trouxe um aumento na força muscular dos joelhos e tornozelo, ainda que neste último não tenha sido tão significativo. Além disso, por meio do teste de Sentar e Levantar com Cinco Repetições (TSL5) e o Teste de Caminhada de 6 Minutos (TC6M), concluíram que

tanto a força muscular dos membros inferiores quanto a capacidade funcional dos participantes evoluíram consideravelmente. De modo semelhante, o estudo de Seyedizadeh, Cheragh e Nia (2020) obteve resultados positivos na força muscular de mulheres com NP diabética, utilizando um protocolo combinado de exercícios aeróbicos de corrida intervalada junto ao treino resistido voltado para grandes grupos musculares de membros superiores e inferiores. Segundo os autores, os participantes tiveram melhor desempenho no teste de sentar e levantar de 30 segundos e no *arm curl test* após as 8 semanas de intervenção, mas não apresentaram melhora significativa no TC6M. Apesar da diferença de duração metodológica e dos resultados relacionados à capacidade funcional apresentados, é certo que o treino aeróbico combinado aos exercícios se mostrou bastante efetivo, corroborando com o estudo de Holmes e Hastings (2021) que afirma que a combinação do treino aeróbico com o resistido é eficaz no tratamento de pacientes diabéticos com NP, trazendo benefícios na condução nervosa e ativação sensório-motora.

O déficit de condução nervosa é uma característica da degeneração progressiva da NP, levando à perda da unidade motora, e, conseqüentemente, ao prejuízo de ativação muscular, fraqueza e atrofia (FAVRETTO et al., 2018). Diante disso, o ensaio clínico de Jafarnizhadgero, Mamashi e Granader (2021) demonstrou um aumento da atividade muscular do vasto lateral e do glúteo médio de pacientes com NP diabética, que foram submetidos a um protocolo de 12 semanas de treinamento aeróbico progressivo na bicicleta ergométrica junto ao treino de marcha. Essa relação positiva do exercício aeróbico com a ativação muscular na NP já vinha sendo evidenciada na literatura, o estudo de Gholami et al. (2018), por exemplo, apresentou que a velocidade de condução nervosa do tríceps sural aumentou significativamente após 12 semanas de exercício aeróbico moderado em homens diabéticos com NP. De modo semelhante, Dixit, Maiya e Shastry (2013) também encontraram melhora considerável na velocidade de condução nervosa muscular a partir do treino aeróbico moderado, e concluíram, assim, que essa intervenção é capaz de modular a função nervosa.

Além do que já foi exposto, outro efeito importante da intervenção de Jafarnizhadgero, Mamashi e Granader (2021) foi o aumento do segundo pico da força vertical de reação ao solo. As Forças de Reação ao Solo (FRS) são

diretamente relacionadas com a biomecânica e cinética da marcha (Jafarnehadgero; Majlesi; Azadian, 2017), sendo resultado do peso corporal e da força muscular exercida na interação do pé com a superfície de contato (Barela; Duarte, 2011). Segundo Levada e Costa (2012) o primeiro pico do componente vertical das FRS representa o contato inicial do calcanhar com o solo, enquanto o segundo equivale a fase final do apoio, ou seja, a fase de propulsão do pré-balanço. Sendo assim, compreende-se que o exercício aeróbico proposto pelos autores foi capaz de aumentar a força exercida na propulsão do pé, favorecendo o impulso da marcha. Não obstante, a pesquisa de Monteiro et al. (2020) conseguiu resultados parecidos no segundo pico de pressão da força vertical ao solo ao implementar um protocolo de exercícios resistidos voltado para o fortalecimento específico dos músculos extrínsecos e íntrosos do pé, junto ao treino de marcha por 12 semanas. Os pesquisadores ainda afirmam que além dos resultados encontrados na FRS, a força dos dedos do pé e a mobilidade articular do tornozelo também foram melhoradas. Esses resultados permitem associar que tanto o exercício aeróbico quanto o resistido trazem benefícios para a força muscular, propulsão do pé e, conseqüentemente, à biomecânica da marcha.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base neste estudo, percebe-se que a neuropatia periférica é uma complicação crônica que traz muitos déficits funcionais para os indivíduos diabéticos. O comprometimento das fibras do sistema nervoso periférico impacta diretamente na ativação muscular, e, conseqüentemente, influencia no desenvolvimento de fraqueza muscular, atrofia e prejuízo motor.

Diante disso, a fisioterapia pode atuar como parte do tratamento da neuropatia periférica diabética, agindo na reabilitação e manutenção das capacidades funcionais, inclusive da força muscular. Para tanto, a cinesioterapia, que se baseia na aplicação de exercícios terapêuticos, se mostrou bastante efetiva, trazendo efeitos positivos para o aumento da força muscular, da capacidade funcional, da ativação muscular e da força de propulsão ao solo durante a marcha.