

Alterações dos parâmetros da marcha e déficit sensório-motor associado à neuropatia diabética periférica

Changes of the gait parameters and sensory-motor deficit associated with peripheral diabetic neuropathy

Alessandra Rezende Martinelli¹, Alessandra Madia Mantovani², Andrea Jeanne Lourenço Nozabiel¹, Dalva Minonroze Albuquerque Ferreira³, Cristina Elena Prado Teles Fregonesi⁴

RESUMO

Quando há dano no sistema nervoso periférico, com prejuízos sensoriais e motores, como observado em neuropatas diabéticos, podem ocorrer graves repercussões sobre o equilíbrio e a locomoção nesta população. **Objetivo:** Avaliar o desempenho da marcha e alterações sensório-motoras, decorrentes da neuropatia diabética periférica. **Método:** Participaram 24 indivíduos neuropatas diabéticos e 28 indivíduos saudáveis sem alterações glicêmicas indicativas de diabete. Os participantes foram submetidos inicialmente a avaliações clínicas para confirmação de diagnóstico de neuropatia diabética por meio de teste de sensibilidade tátil da sola dos pés com monofilamentos. Posteriormente, foram submetidos à avaliação da variação angular do tornozelo, em condição estática e durante a marcha, por meio de cinemetria. A força muscular do tornozelo foi investigada por meio de dinamometria digital. **Resultados:** Foi demonstrado maior duração nos períodos de duplo apoio e apoio total da marcha em indivíduos com neuropatia diabética quando comparados com o grupo controle, confirmando uma maior dificuldade no equilíbrio dinâmico destes indivíduos. Para o grupo experimental de indivíduos neuropatas foi evidenciado redução da força muscular, tanto para os músculos dorsiflexores, quanto para os plantiflexores de tornozelo. **Conclusão:** As perdas sensório-motoras decorrentes da NDP podem implicar em prejuízo no desempenho da marcha, com consequente perda de equilíbrio.

Palavras-chave: Marcha, Força Muscular, Equilíbrio Postural, Neuropatias Diabéticas

ABSTRACT

Peripheral nervous system impairment with sensory and motor loss, as observed in diabetic neuropathy, might induce severe effects on balance control and gait in this population. **Objective:** To evaluate the performance of the gait and the sensory-motors changes, due of the peripheral diabetic neuropathy (PDN). **Method:** Participated twenty four individuals with PDN and twenty eight healthy individuals without glycemic alterations indicative of diabetes. Participants were subjected to confirm the clinical diagnosis of diabetic neuropathy through the tactile sensitivity of the soles of the feet with monofilament test. Subsequently, ankle angular variation in static condition and during the gait was investigated through kinematics. The ankle muscle strength was investigated using a digital dynamometer. **Results:** Diabetic neuropathy group showed greater duration in double support and full support periods of gait than control group with impairment in balance control. Diabetic neuropathy group showed reduces muscle strength of plantiflexors and dorsiflexors. **Conclusion:** The losses sensory-motors deriving from PDN may imply in impairment in gait performance, with consequent loss of balance.

Keywords: Gait, Muscle Strength, Postural Balance, Diabetic Neuropathies

¹ Mestre em Fisioterapia, Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista - UNESP/Campus de Presidente Prudente.

² Discente, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista - UNESP/Campus Rio Claro.

³ Professora Doutora, Departamento de Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista - UNESP/Campus de Presidente Prudente.

⁴ Professora Doutora, Departamento de Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista - UNESP/Campus de Presidente Prudente.

Endereço para correspondência:

Depto. Fisioterapia - Laboratório de Estudos Clínicos em Fisioterapia
Cristina Elena Prado Teles Fregonesi
Rua Roberto Simonsen, 305
Presidente Prudente - SP
CEP 19060-900
E-mail: cristina@fct.unesp.br

Recebido em 23 de Janeiro de 2014.

Aceito em 17 Março de 2014.

DOI: 10.5935/0104-7795.20140008

INTRODUÇÃO

A neuropatia diabética periférica (NDP) é a mais comum das complicações da *diabetes mellitus* (DM), com prejuízo do sistema sensorio-motor, sendo a severidade da patologia associada ao grau deste comprometimento.^{1,2} As manifestações são mais evidenciadas nos membros inferiores, com danos teciduais e estruturais dos pés,¹ que diminuem as informações sensoriais necessárias para o adequado controle motor.^{3,4} Quando há dano no sistema nervoso periférico, pode ser evidenciado déficit significante na força muscular,^{3,5} restrição da mobilidade articular,⁶ diminuição da sensibilidade tátil, bem como a perda proprioceptiva, que podem levar a prejuízos nas estratégias necessárias para manutenção da estabilidade durante a marcha.⁷⁻¹⁰

Estudos vêm investigando a instabilidade postural em indivíduos diabéticos neuropatas, principalmente em condição estática,^{11,12} com importantes perdas de informações somatosensoriais periféricas.¹³ No entanto, Nardone et al.¹⁴ ressaltaram a importância do controle postural em condição dinâmica, podendo a manutenção da postura estática, por si só, não evidenciar possíveis alterações deste sistema na neuropatia diabética.

Nesse sentido, a execução de tarefas mais elaboradas, que exijam maior habilidade do controle postural, é fundamental para melhor compreensão da interação do sistema sensorio-motor.¹⁵ Ademais, em superfície de apoio instável ou quando há locomoção, as informações dos sistemas vestibular e visual são cruciais para manutenção da estabilidade, considerando que o controle postural e a locomoção são processos multissensoriais.^{11,16} Embora, alguns autores tenham demonstrado perturbações do sistema de controle postural, em diversas condições, poucos estudos têm enfatizado seu comportamento em condição dinâmica, por meio de adaptações nos parâmetros da marcha, decorrentes dos danos sensorio-motores provocados pela NDP.¹³ A identificação dos principais fatores desencadeantes de desequilíbrios em neuropatas diabéticos possibilita a prevenção de complicações inerentes a NDP.

OBJETIVO

O objetivo do presente estudo foi investigar a estabilidade estática, parâmetros da marcha (equilíbrio dinâmico), alterações na sensibilidade tátil dos pés e redução da força muscular isométrica do tornozelo em indivíduos neuropatas diabéticos.

MÉTODO

Desenho do Estudo

Estudo do tipo transversal observacional, desenvolvida no Laboratório de Estudos Clínicos em Fisioterapia (LECFisio) da Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP). A pesquisa foi desenvolvida sob aprovação do comitê de ética local (Protocolo nº 21/2009) e todos os participantes, em concordâncias com os objetivos e procedimentos do estudo, assinaram o "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido" previamente às coletas.

Amostra e critérios de seleção

Este estudo envolveu 52 participantes de ambos os gêneros, divididos em dois grupos: grupo controle (CO), composto por indivíduos idosos saudáveis, com ausência de DM (n = 28); e grupo de neuropatas diabéticos (NDP), composto por indivíduos com diagnóstico médico confirmado de *diabetes mellitus*, (n = 24), os grupos foram pareados por idade.

Foi realizado o teste de glicemia pós-prandial, em ambos os grupos, como medida de segurança no NDP e para exclusão do diagnóstico de DM no grupo controle. Para confirmação do diagnóstico de NDP, foi aplicado o *Michigan Neuropathy Screening Instrument* (MNSI) (*Michigan Diabetes Research and Training Center*, 2008). Sendo incluídos os indivíduos com pontuação igual ou superior a oito no MNSI.¹⁷ Todos os participantes incluídos no grupo NDP tinham diagnóstico médico confirmado de DM. Foram excluídos do estudo, sujeitos com deformidades osteoarticulares; úlceras plantares; amputação total ou parcial dos pés; deambulação com dispositivos auxiliares; neurite aguda (com ou sem uso de medicamento); diagnóstico de outra doença neurológica que afetasse o padrão de marcha; déficit visual importante e não-corrigido; índice de massa corpórea (IMC) superior a 40 kg/m² e incapacidade de compreensão para realização dos testes.

Avaliações e equipamentos

Inicialmente os indivíduos foram submetidos ao teste de glicemia pós-prandial e instruídos a responderem o questionário de classificação da neuropatia diabética periférica (MNSI), para classificação dos grupos.

Na sequência foi realizada avaliação da sensibilidade tátil por meio de um conjunto de monofilamentos de *nylon*, tipo Semmes-Weinstein (SORRI Bauru®, Brasil). A sensibilidade tátil dos pés foi definida pela pressão do monofilamento mais fino, sentido em cada área testada, sendo estas áreas referentes ao

dermatomo dos nervos tibial posterior e fibular comum de ambos os pés.¹⁸

Posteriormente, foi realizada a mensuração da força muscular isométrica de dorsiflexores e plantiflexores de tornozelo por meio de dinamometria digital (modelo DD-300 Instrutherm, São Paulo, Brasil), sendo o instrumento acoplado a uma plataforma pré-fabricada, específica para avaliação da força muscular isométrica do tornozelo.¹⁹

Para avaliação do equilíbrio em condição estática, foi analisada a oscilação ântero-posterior do tornozelo, por meio de variação angular medida por sistema de cinemetria.²⁰ Para tal foram utilizadas duas câmeras, com frequência de amostragem de 60 Hz e marcadores reflexivos fixados em pontos anatômicos pré-estabelecidos.

Finalmente, o equilíbrio em condição dinâmica foi avaliado por meio de uma plataforma de marcha (*FootWalk Pro*®) sendo mensurados a duração dos períodos de apoio simples, duplo apoio (inicial e final) e apoio total.²¹

Procedimentos

Para avaliação da força muscular do tornozelo os membros inferiores dos indivíduos foram adequadamente posicionados e estabilizados na referida plataforma de acordo com o grupo muscular avaliado. Foi solicitada a realização de três contrações isométricas máximas para cada movimento de dorsiflexão e plantiflexão, em ambos os membros, dominante e não dominante.

Na avaliação do equilíbrio estático, inicialmente foram fixados marcadores reflexivos, no trocânter maior do fêmur, linha articular do joelho, cabeça do quinto metatarso, maléolo lateral e cabeça da fibula. O participante foi orientado a permanecer em posição ortostática, com os pés paralelos, alinhados aos ombros, braços ao longo do corpo e olhar fixo a sua frente (2 m de distância), devendo permanecer o mais estático possível, por 30 segundos. O registro das imagens foi realizado por 30 segundos para cada membro.

Por último, para avaliação dos parâmetros temporais da marcha, antecedendo o registro dos dados, cada participante foi orientado a deambular por uma passarela (8,0 m) em velocidade confortável auto-selecionada, até que este se habituassem ao local da coleta e, assim, iniciou a aquisição dos dados, que ocorreu apenas na área útil do equipamento (2,0 m intermediários).

Processamento de dados

A força muscular foi calculada pela média das três tentativas para cada movimento, em

ambos os membros, dominante e não dominante, visando aumentar a precisão dos resultados.

Para análise dos dados de cinemetria foi realizada a transferência e processamento das imagens pelo *software Ariel Performance Analysis System* (APAS, versão 1.4) e os dados foram filtrados por meio de um filtro Butterworth, passa baixa quarta ordem e frequência de corte de 5 Hz. A amplitude média de oscilação foi obtida calculando-se o desvio-padrão do deslocamento angular do tornozelo, na direção ântero-posterior, de cada tentativa, após remoção da média. A oscilação foi dada em graus e corresponde a variância dos ângulos, sendo que valores menores indicam menor oscilação e, portanto, melhor desempenho do sistema de controle postural.

Para análise dos parâmetros da marcha (períodos de apoio simples, duplo apoio e apoio total), foram registrados três ciclos completos da marcha, e os dados analisados por meio do *software FootWork Pro* (versão 3.2.0.1).

Análise Estatística

Para caracterização da amostra foi utilizada a estatística descritiva (médias e desvios-padrão) por meio de testes estatísticos para comparação de amostras independentes. A comparação da sensibilidade tátil entre os grupos (CO e NDP) foi realizada por meio do teste Mann-Whitney, considerando que os pressupostos de normalidade não foram atendidos e a variável dependente foi o número de pontos insensíveis à pressão dos monofilamentos maior que 10 g para os pés, dominante e não dominante. Para as demais variáveis do estudo foi utilizado testes de variância (ANOVA), especificados na sessão de resultados.

O nível de significância foi mantido em 5% para todas as variáveis analisadas, e o programa utilizado para tratamento estatístico foi o SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*, versão 17.0).

RESULTADOS

A caracterização da amostra (Tabela 1) demonstrou diferença significativa para o índice de massa corpórea (IMC) e nível glicêmico entre os grupos CO e NDP.

Para análise da variação angular do tornozelo na direção ântero-posterior (Tabela 2), foi realizada análise de variância (ANOVA) *two-way 2* (grupos: CO, NDP) x 2 (perna: dominante e não dominante), com medidas repetidas no segundo fator. Os resultados revelaram não haver efeito principal significativo para grupo, $F(2,49) = 2,64$, $p = 0,082$ e perna $F(2,52) = 2,66$, $p = 0,084$, sem efeito de interação.

Tabela 1. Caracterização da amostra na forma de média (desvio-padrão) dos grupos controle (CO) e neuropata (NDP) para as variáveis idade (anos), índice de massa corporal (IMC) (kg/m^2) e glicemia pós-prandial (mg/dl)

Variáveis	CO	NDP	p
Idade	64,21 (6,26)	61,88 (8,11)	0,246
IMC	26,03 (3,72)	29,06 (5,25)	< 0,05*
Glicemia pós-prandial	112,75 (12,88)	172,5 (68,01)	< 0,001**

* $p < 0,05$ (diferença significativa) e ** $p < 0,001$ (diferença extremamente significativa)

Tabela 2. Variação angular da articulação do tornozelo (graus) na forma de média (desvio-padrão) do membro inferior dominante (D) e não dominante (ND), na posição estática, referente aos grupos controle (CO) e neuropata (NDP)

Variáveis	CO	NDP	p
Variação Angular D	0,26 (0,08)	0,31 (0,12)	$p > 0,05$
Variação Angular ND	0,20 (0,07)	0,30 (0,22)	$p > 0,05$

* $p < 0,05$ (diferença significativa)

Foi realizada para análise do equilíbrio dinâmico uma ANOVA *two-way 2* (grupo: CO, NDP) x 3 (fases da marcha: duração do período de apoio simples, duplo apoio e período de apoio total). Os resultados revelaram diferença significativa para o fator principal grupo, $F(3,48) = 3,127$, $p < 0,05$. Foi demonstrado uma diferença na duração do período de duplo apoio, $F(1,50) = 4,708$, $p < 0,05$ e apoio total, $F(1,50) = 6,416$, $p < 0,05$ (Tabela 3), sem interação significativa.

A Figura 1 apresenta valores médios e desvios-padrão das variáveis referentes à força muscular isométrica de tornozelo, tanto para dorsiflexão, quanto para plantiflexão do tornozelo. Para análise da força muscular do tornozelo foi realizada uma ANOVA *two-way 2* (grupo: CO x NDP) x 2 (perna: dominante x não dominante), com medidas repetidas no segundo fator. Os resultados indicaram efeito principal significativo para grupo, $F(2,47) = 13,635$, $p < 0,001$. O teste ANOVA revelou diferença significativa entre os grupos controle e neuropatas, sendo encontrados menores valores de força muscular para o grupo NDP para os músculos dorsiflexores, $F(1,48) = 14,955$, $p < 0,001$ e plantiflexores de tornozelo, $F(1,48) = 25,501$, $p < 0,001$, respectivamente.

DISCUSSÃO

O propósito do presente estudo foi investigar a estabilidade estática, os parâmetros da marcha e as possíveis alterações na sensibilidade tátil dos pés e de redução da força muscular isométrica do tornozelo em indivíduos neuropatas diabéticos. Os resultados demonstraram um comprometimento da estabilidade

no ato da locomoção, com maior duração nos períodos de duplo apoio e apoio total. Estes achados, possivelmente, estão associados à perda de sensibilidade tátil dos pés e déficit de força muscular isométrica do tornozelo, alterações evidenciadas no grupo NDP.

Com a progressão do DM, seguido do comprometimento sensitivo, é observado danos na inervação distal motora.¹¹ Os resultados deste estudo evidenciaram redução da força muscular em indivíduos do grupo NDP, tanto para os músculos dorsiflexores, quanto para os plantiflexores de tornozelo, podendo levar a alterações nos parâmetros da marcha, corroborando com os achados de Allet et al.⁷ e Menz et al.⁸

No entanto, a redução da força muscular do tornozelo não repercutiu na oscilação angular do tornozelo, quando comparados os grupos NDP e CO. Estes achados são contraditórios aos resultados de estudos prévios, em que foi evidenciado a necessidade de adotar adequadas estratégias de tornozelo, associadas às oscilações no plano ântero-posterior para a manutenção da postura estática.^{11,18}

Uma possível explicação para estas diferenças de resultados, é que as alterações sensoriais associadas às restrições biomecânicas do movimento, como a diminuição da percepção do movimento e déficits na orientação da deambulação, por si só, podem levar ao comprometimento da estabilidade postural.¹⁹ Outros estudos, também demonstraram que as alterações de alguns parâmetros da marcha estão associados diretamente ao déficit sensorial nesta população de neuropatas diabéticos, assim como exposto no presente estudo.^{3,4,21}

Tabela 3. Variáveis espaço temporais da marcha na forma de média (desvio-padrão) dos grupos controle (CO) e neuropata (NDP) para as variáveis períodos de duplo apoio (ms), apoio total (ms) e apoio simples (ms) durante avaliação dinâmica

Variáveis	CO	NDP	p
Período Duplo Apoio	282,13 (61,93)	320,35 (64,93)	p < 0,05
Período Apoio Total	698,57 (90,17)	769,16 (110,8)	p < 0,05
Período Apoio Simples	416,44 (72,88)	448,81 (110,05)	p > 0,05

* p < 0,05 (diferença significante)

CONCLUSÃO

Os procedimentos metodológicos empregados neste estudo mostraram-se eficazes na identificação das complicações inerentes a neuropatia diabética periférica. Assim, o déficit sensitivo associado a fraqueza muscular do tornozelo, em decorrência da NDP, prejudicam o desempenho da marcha e, conseqüentemente, repercutem na estabilidade dinâmica, podendo implicar em graves complicações para a população diabética.

REFERÊNCIAS

- Boulton AJ1, Malik RA, Arezzo JC, Sosenko JM. Diabetic somatic neuropathies. *Diabetes Care*. 2004;27(6):1458-86. DOI: <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.27.6.1458>
- Goldberg A, Russell JW, Alexander NB. Standing balance and trunk position sense in impaired glucose tolerance (IGT)-related peripheral neuropathy. *J Neurol Sci*. 2008;270(1-2):165-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.11.015>
- Akashi PM, Sacco IC, Watari R, Hennig E. The effect of diabetic neuropathy and previous foot ulceration in EMG and ground reaction forces during gait. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2008;23(5):584-92. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.11.015>
- Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35 Suppl 2:ii7-ii11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/af077>
- IJzerman TH, Schaper NC, Melai T, Meijer K, Willems PJ, Savelberg HH. Lower extremity muscle strength is reduced in people with type 2 diabetes, with and without polyneuropathy, and is associated with impaired mobility and reduced quality of life. *Diabetes Res Clin Pract*. 2012;95(3):345-51. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.diabres.2011.10.026>
- Saura V, Santos ALG, Ortiz RT, Parisi MC, Fernandes TD, Nery M. Fatores preditivos da marcha em pacientes diabéticos neuropático e não neuropáticos. *Acta Ortop Bras*. 2010;18 (3):148-51. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-78522010000300006>
- Allet L, Armand S, Bie RA, Pataky Z, Aminian K, Herrmann FR, et al. Gait alterations of diabetic patients while walking on different surfaces. *Gait Posture*. 2009;29(3):488-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.11.012>
- Menz HB, Lord SR, St George R, Fitzpatrick RC. Walking stability and sensorimotor function in older people with diabetic peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(2):245-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.015>
- Allet L, Armand S, de Bie RA, Golay A, Monnin D, Aminian K, et al. The gait and balance of patients with diabetes can be improved: a randomised controlled trial. *Diabetologia*. 2010;53(3):458-66. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00125-009-1592-4>
- Bonnet C, Carello C, Turvey MT. Diabetes and postural stability: review and hypotheses. *J Mot Behav*. 2009;41(2):172-90. DOI: <http://dx.doi.org/10.3200/JMBR.41.2.172-192>
- Lafond D, Corriveau H, Prince F. Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care*. 2004;27(1):173-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.27.1.173>

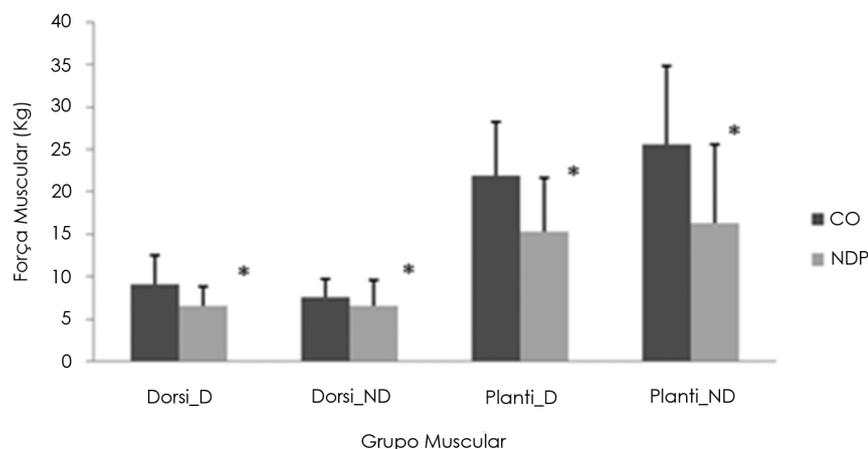


Figura 1. Valores médios e desvios-padrão da força muscular do tornozelo (Kg) dos grupos dorsiflexores (Dorsi) e plantiflexores (Planti), para o hemisfério dominante (D) e não-dominante (ND), e entre os grupos controle (CO) e neuropata diabética (NDP)

Em outro estudo, pacientes neuropatas isentos de outras enfermidades, como no presente estudos, demonstraram alterações no padrão da marcha por provável déficit de inervação motora dos músculos associados ao desenvolvimento do passo, sobretudo, flexores dorsais e plantares dos pés.^{20,22} Ademais, as perdas sensoriais podem prejudicar os mecanismos proprioceptivos de sobrecarga plantar e de forma ascendente comprometer, dentre outros fatores, os parâmetros da marcha.²³ Ainda, o *feedback* da sensibilidade plantar cutânea está integrado em todos os níveis do sistema nervoso central durante o controle motor neural da marcha e postura por meio das vias transcorticais e mediado pela via oligosináptica espinhal.²⁴

Quando os participantes foram submetidos à condição de avaliação da marcha, sendo esta uma atividade mais complexa do que a condição de estabilidade estática, os resultados revelaram um comprometimento do equilíbrio dinâmico, com alterações dos parâmetros de organização temporal da marcha para o grupo NDP. Estas alterações foram representadas por uma maior duração nos períodos de duplo apoio e apoio total, associados aos danos do

sistema sensorio-motor detectados, por sua vez, por meio do questionário MNSI. Os achados do presente estudo corroboram com os de Richardson et al.²⁵ em que os indivíduos diabéticos oscilaram mais que os indivíduos assintomáticos quando em atividades mais elaboradas.

No estudo de Sacco et al.²⁶ com portadores de duplo apoio da marcha, sugerindo ser este decorrente da geração de mecanismos de compensação de natureza musculoesquelética, que buscam aumentar o equilíbrio durante a marcha. Assim, as compensações da marcha evidenciadas no grupo NDP, podem estar associadas a uma instabilidade do controle postural relacionada ao grau de comprometimento do sistema sensorio-motor e ao grau de dificuldade de execução da tarefa.^{15,18}

Estudos futuros devem ser realizados com esta população em diferentes situações e níveis de complexidade de tarefas, os quais exijam maior demanda do sistema musculoesquelético. Sugere-se também que novos estudos relacionem os achados do presente estudo às avaliações de todo o sistema sensorial envolvidos no processo de controle postural.

12. Silva AG, Rodrigues LC, Honório GJS. Análise do equilíbrio bipodal em diabéticos com neuropatia periférica. *Fisioter Bras.* 2009;10(4):248-51.
13. Bunday KL, Bronstein AM. Locomotor adaptation and aftereffects in patients with reduced somatosensory input due to peripheral neuropathy. *J Neurophysiol.* 2009;102(6):3119-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1152/jn.00304.2009>
14. Nardone A, Grasso M, Schieppati M. Balance control in peripheral neuropathy: are patients equally unstable under static and dynamic conditions? *Gait Posture.* 2006;23(3):364-73. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.04.002>
15. Task demand effects on postural control in older adults. *Hum Mov Sci.* 2006;25(3):435-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2006.03.003>
16. Sales, KLS, Souza LA, Cardoso VS. Equilíbrio estático de indivíduos com neuropatia periférica diabética. *Fisioter Pesquisa.* 2012; 19 (2):122-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1809-29502012000200006>
17. Moghtaderi A1, Bakhsipour A, Rashidi H. Validation of Michigan neuropathy screening instrument for diabetic peripheral neuropathy. *Clin Neurol Neurosurg.* 2006;108(5):477-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clineuro.2005.08.003>
18. Prioli AC, Freitas Júnior PB, Barela JA. Physical activity and postural control in the elderly: coupling between visual information and body sway. *Gerontology.* 2005;51(3):145-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000083984>
19. Turcot K, Allet L, Golay A, Hoffmeyer P, Armand S. Investigation of standing balance in diabetic patients with and without peripheral neuropathy using accelerometers. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2009;24(9):716-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.07.003>
20. Martinelli AR, Mantovani AM, Nozabiel AJ, Ferreira DM, Barela JA, Camargo MR, et al. Muscle strength and ankle mobility for the gait parameters in diabetic neuropathies. *Foot (Edinb).* 2013;23(1):17-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foot.2012.11.001>
21. Brach JS, Talkowski JB, Strotmeyer ES, Newman AB. Diabetes mellitus and gait dysfunction: possible explanatory factors. *Phys Ther.* 2008;88(11):1365-74. DOI: <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20080016>
22. Wuehr M, Schniepp R, Schlick C, Huth S, Pradhan C, Dieterich M, et al. Sensory loss and walking speed related factors for gait alterations in patients with peripheral neuropathy. *Gait Posture.* 2013;S0966-6362(13)00685-1.
23. Bacarin TA, Sacco ICN, Hennig EM. Plantar pressure distribution patterns during gait in diabetic neuropathy patients with a history of foot ulcers. *Clinics.* 2009;64 (2):113-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1807-59322009000200008>
24. Höhne A, Ali S, Stark C, Brüggemann GP. Reduced plantar cutaneous sensation modifies gait dynamics, lower-limb kinematics and muscle activity during walking. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(11):3829-38. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-012-2364-2>
25. Richardson JK, Ashton-Miller JA, Lee SG, Jacobs K. Moderate peripheral neuropathy impairs weight transfer and unipedal balance in the elderly. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(11):1152-6. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(96\)90139-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(96)90139-2)
26. Sacco IC, Amadio AC. A study of biomechanical parameters in gait analysis and sensitive cronaxie of diabetic neuropathic patients. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2000;15(3):196-202. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0268-0033\(99\)00060-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0268-0033(99)00060-1)