

ARTIGO ORIGINAL

FATORES PREDITIVOS DA MARCHA EM PACIENTES DIABÉTICOS NEUROPÁTICO E NÃO NEUROPÁTICOS

PREDICTIVE FACTORS OF GAIT IN NEUROPATHIC AND NON-NEUROPATHIC DIABETIC PATIENTS

VINÍCIUS SAURA¹, ALEXANDRE LEME GODOY DOS SANTOS², RAFAEL TREVISAN ORTIZ²,
MARIA CÂNDIDA PARISI¹, TÚLIO DINIZ FERNANDES², MÁRCIA NERY¹

RESUMO

Objetivo: Analisar a amplitude de movimento do tornozelo e as forças de reação vertical do solo envolvidas na marcha de pacientes portadores de diabetes com e sem neuropatia periférica. Casuística e Método: 36 indivíduos divididos em três grupos: Controle - GC: 10 indivíduos sem diabetes, Diabetes - GD: 10 indivíduos portadores de diabetes sem neuropatia periférica e Neuropatia - GDN: 16 indivíduos portadores de diabetes e neuropatia diabética periférica. Foi realizada análise da marcha - AMTI® OR6/6, e da amplitude de movimento articular tíbio-társica - Sistema Vicom 640® - de todos os participantes. Resultados: O primeiro e segundo pico de força vertical de reação do solo são maiores no grupo Neuropatia e a amplitude de movimento articular do tornozelo é menor nos grupos Diabetes e Neuropatia. Conclusão: A amplitude de movimento da articulação tíbio-társica está diminuída nos diabéticos, independente da presença ou ausência de neuropatia periférica, e os diabéticos com neuropatia periférica, apresentaram aumento no primeiro e no segundo pico da força de reação vertical do solo durante a marcha.

Descritores: Diabetes Melito. Neuropatias diabéticas. Marcha.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to analyze the range of movement of the ankle and the vertical ground reaction force involved in gait among diabetic patients with and without peripheral neuropathy. Sample and Method: 36 individuals were divided into three groups: Control group - CG: 10 individuals without diabetes, Diabetic group - DG: 10 individuals with diabetes without peripheral neuropathy and Neuropathy, and Diabetic neuropathic group - DNG: 16 individuals with diabetes and peripheral diabetic neuropathy. Gait - AMTI® OR6/6m and range of tibiotarsal joint movement - System Vicom 640® was carried out in all the participants. Results: The first and second vertical ground reaction force peaks were statistically higher in the neuropathy group, and the range of ankle motion was lower in the Diabetes and Neuropathy groups. Conclusion: The range of movement of the tibiotarsal joint is lower in diabetics, regardless of the presence or absence of peripheral neuropathy, and diabetics with peripheral neuropathy show an increase in the first and second vertical ground reaction force peaks during walking.

Keywords: Diabetes Mellitus. Diabetic neuropathies. Gait.

Citação: 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.* [online]. 2010; 18(3):148-51. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>

Citation: Saura V, Santos ALG, Ortiz RT, Parisi MC, Fernandes TD, Nery M. Predictive factors of gait in neuropathic and non-neuropathic diabetic patients. *Acta Ortop Bras.* [online]. 2010; 18(3):148-51. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>

INTRODUÇÃO

A hiperglicemia, nos portadores de diabetes, causa complicações sistêmicas e locais, o que representa impacto econômico negativo em todos os países.¹⁻⁴ A neuropatia periférica apresenta prevalência de 20% em pacientes adultos, e resulta em alterações no padrão de marcha e lesões cutâneas em parcela significativa dos casos.⁵⁻⁹ As principais manifestações encontradas nos pacientes diabéticos com neuropatia periférica são: dor em queimação, hiperestesia ou parestesia nos membros acometidos, associadas à diminuição da sensibilidade protetora dos pés.⁵⁻⁸ A alteração da sensibilidade,

modifica o padrão de marcha desses pacientes, pois diminui a transmissão de informações proprioceptivas - neuroceptores plantares - essenciais à marcha normal.⁹

Estudos comparando a marcha de pacientes portadores de neuropatia diabética periférica com indivíduos não portadores de diabetes mostraram alterações na distribuição da carga e na amplitude de movimento da articular do tornozelo; levando a sobrecarga em pontos da face plantar do pé durante o contato com o solo e elevação do risco de desenvolvimento de úlceras cutâneas nessas topografias.¹⁰⁻¹³

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

1 - Departamento de Endocrinologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

2 - Departamento de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Trabalho realizado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia da USP

Endereço de Correspondência: Alexandre Leme Godoy dos Santos. Rua: Dr. Ovídio Pires de Campos, n. 333, 3º. andar São Paulo. SP. Brasil. E-mail: alexandrelemegodoy@usp.br

Trabalho recebido em 17/12/08, aprovado em 22/04/09

Shaw et al.¹⁴ avaliaram 181 indivíduos e encontraram aumento na força de reação vertical do solo em diabéticos em relação ao grupo controle sem diabetes.

A diminuição de acuidade visual e a limitação de movimento articular são fatores que elevam os riscos de lesões cutâneas.¹⁵⁻¹⁷ A limitação de amplitude articular acomete principalmente portadores de Diabetes tipo 1, e tem relação com o aumento das taxas de hemoglobina glicosilada e a duração do Diabetes. A prevalência aumenta com o o tabagismo e a idade.^{17,18}

A diminuição da amplitude articular do tornozelo aumenta da força de reação vertical do solo nos pés durante a marcha e resulta em metatarsalgia^{19,20}.

Muller et al.²¹ demonstraram que amplitude articular do tornozelo é menor nos pacientes com neuropatia diabética do que naqueles sem diabetes.

Contudo, não há consenso na literatura quanto as alterações das variáveis da marcha entre diabéticos com neuropatia periférica e sem essa complicação.

Assim, o objetivo desse estudo é analisar a amplitude de movimento do tornozelo, as forças de reação vertical do solo envolvidas na marcha de pacientes portadores de diabetes com e sem neuropatia periférica.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

Após a aprovação da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; vinte e seis pacientes do Ambulatório do Grupo de Pé e Tornozelo dessa instituição e dez pacientes voluntários da população normal, foram divididos em 3 grupos para análise da amplitude movimento articular tibio-társica e dos picos de reação vertical do solo durante a marcha:

Grupo Controle - GC: 10 indivíduos - 6 mulheres e 4 homens - sem diabetes.

Grupo Diabetes - GD: 10 indivíduos - 7 mulheres e 3 homens - portadores de diabetes sem neuropatia periférica.

Grupo Neuropatia - GDN: 16 indivíduos - 11 mulheres e 5 homens - portadores de diabetes e neuropatia diabética periférica.

A presença de neuropatia diabética foi constatada através de propedêutica com monofilamento de 10 gramas e o diapasão de 128 HZ conforme protocolo de Michigan²²⁻²⁴, que permite avaliação da sensibilidade protetora com comprometimento das fibras finas e grossas.²⁵

A avaliação da doença vascular periférica foi realizada através da palpação dos pulsos pedioso e tibial posterior, e *ecodoppler* para obtenção do índice tíbio braquial (ITB)²⁵⁻²⁷

Critérios de Inclusão negativos:

1. Pé diabético neuro-isquêmico
2. Neuroartropatia de Charcot
3. Paciente com comprometimento da deambulação.

Plataforma de força de reação do solo

A plataforma de força de reação do solo (AMTI® OR6/6) é um instrumento da dinamometria utilizado para medir as variáveis dinâmicas do movimento, permitindo a quantificação das cargas mecânicas, através da análise da marcha. O equipamento permite avaliação da força de reação vertical do solo em sua frequência máxima, correspondente a 1000 Hertz (Hz).

Sistema Vicom 640®

Os movimentos foram capturados para a análise cinemática com o sistema Vicon®, utilizando 4 câmeras (Mcam2). A amplitude de movimento estudada foi a da articulação tibio-társica.

Marcadores reflexivos de 14 mm foram aderidos a pontos anatômicos para representar o segmento a ser analisado. Dessa forma, o segmento estudado foi reconstruído no *software* e sincronizado a plataforma de força.

As câmeras utilizadas para a filmagem da amplitude de movimento trabalharam com capacidade máxima de velocidade na frequência de 250 Hz de captura de dados.

Cinética

Referentes às variáveis cinéticas, foram utilizados, neste estudo, o primeiro e segundo pico da força de reação vertical do solo.

O primeiro pico corresponde à descarga de peso, no início da fase de apoio da marcha, sobre o retopé. O segundo pico corresponde à força que é realizada no antepé para impulsionar o membro e dar início à fase de balanço da marcha²⁸. Para as análises, os valores de ambos os picos foram demonstrados em porcentagem de peso dos voluntários.

Cinemática

A amplitude de movimentação da articulação do tornozelo - variável cinemática - foi analisada no plano sagital, dividindo-se em dorsiflexão e flexão plantar. Para a coleta dessa informação, os marcadores reflexivos foram colocados nos pontos anatômicos correspondentes a cabeça da fíbula, maléolo lateral e dorso da articulação metatarsalangeana.²⁹

Procedimentos

Inicialmente, foram aderidos marcadores nos pontos anatômicos pré-determinados e os voluntários foram filmados caminhando sobre uma pista onde estava posicionada a plataforma de força. Foi solicitado aos voluntários que caminhassem com sua velocidade habitual como normalmente fazem na rua. Após a adaptação do paciente ao ambiente da avaliação, seu pé esquerdo foi posicionado para que, durante a marcha, tocasse na plataforma de força. Foram totalizadas 10 incursões válidas.

Os valores de força de reação vertical do solo foram normalizados pelo peso corporal de cada paciente e pela duração total do apoio do membro a ser analisado.

Para interpretar os dados da plataforma de força e das filmagens foi utilizado programa matemático Matlab®. Este programa determinou a média e o desvio padrão dos valores obtidos para as variáveis estudadas nas 10 incursões válidas, para cada voluntário.

Análise Estatística dos Resultados

Análise estatística dos resultados foi realizada através de Análise de Variância (ANOVA) com *post test* de Tukey, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Os grupos Controle, Diabetes e Neuropatia apresentam distribuição normal para idade pela prova de Kolmogorov-Smirnov, com $p=0.7309$ pelo teste t Student e $p=0.7257$ pelo teste de Mann-Whitney, e portanto são comparáveis. Apresentam também compatibilidade estatística para gênero pelos Testes Chi-Quadrado com $p=0.806$ e Fisher com $p=1.000$.

Para os grupos Diabetes e Neuropatia pode-se observar semelhança entre o tempo de diabetes e da hemoglobina glicosilada. (Tabela 1)

Tabela 1 – Distribuição das médias e desvios padrão das características antropométricas, tempo de diabetes e hemoglobina glicada.

Variável	GC (n=10)	GD (n=10)	GDN (n=16)
Idade (anos)	62 ± 3,77	63 ± 3,92	63 ± 3,89
Massa (kg)	77,8 ± 8,08	78 ± 9,73	78,88 ± 8,13
Altura (m)	1,69 ± 0,07	1,68 ± 0,11	1,66 ± 0,07
IMC (kg/m)	27,35 ± 2,52	27,66 ± 2,66	28,75 ± 2,88
Tempo DM (anos)	–	12 ± 1,15	12,13 ± 1,26
Hb Glicada (%)	–	7,65 ± 1,42	7,85 ± 1,29

A avaliação dos picos de força de reação vertical do solo mostra que o primeiro e o segundo pico foram maiores no GDN quando comparado com o GC e o GD. Não houve significância estatística a comparação entre GC com o GD para essas variáveis. (Tabela 2)

A amplitude de movimento do tornozelo pode-se verificar que os grupos com pacientes do grupo Diabetes e Neuropatia tiveram diminuição em relação ao grupo Controle. (Tabela 2)

Tabela 2 – Distribuição dos valores do primeiro e segundo pico de força, em porcentagem de peso, e da amplitude de movimento do tornozelo nos grupos estudados.

Variáveis	GC (n=10)	GD (n=10)	GDN (n=16)
P1	91,2±4,42	91,8±8,45	103,88±4,82
P2	93,82±5,26	93,63±6,85	106,38±8,33
ADM	29,01±3,29	20,92±3,56	20,24±4,08

DISCUSSÃO

No grupo Neuropatia foi observado aumento significativo do primeiro pico da força de reação vertical do solo quando comparado com o GD e o GC. Uccioli et al.³⁰ e Shaw et al.¹⁴ encontraram resultados semelhantes em seus estudos.

O segundo pico da força de reação vertical do solo também foi estatisticamente maior no GDN quando comparado com os outros

dois grupos. Uccioli et al.³⁰ obteve resultados semelhantes. Esta sobrecarga provavelmente está relacionada às alterações na musculatura intrínseca do pé, que cursam com alterações dinâmicas como estáticas sobrecarregando o antepé.³¹⁻³³

A sobrecarga plantar em pacientes com sensibilidade protetora diminuída, favorece a ocorrência de úlceras cutâneas e Artropatia de Charcot.^{16,34}

O calçado terapêutico especialmente desenvolvidos para pacientes com aumento do primeiro e do segundo pico da força de reação vertical do solo é recomendado por Long et al.³⁵ na prevenção de úlceras plantares e alterações articulares por sobrecarga. Estes calçados com caixa anterior alta e larga, forro macio e solado não flexível, têm capacidade de diminuir a sobrecarga mecânica na face plantar do pé.³⁶

Muller et al.²¹ e Akashi³⁷ não evidenciaram as alterações de força de reação vertical do solo entre grupos de pacientes com neuropatia periférica diabética e o grupo controle. Porém, estes estudos utilizaram metodologia diferente. Para o estudo de Akashi³⁷ os voluntários caminharam pela passarela contendo a plataforma de força por apenas três tentativas válidas para avaliar as forças de reação vertical do solo, e o estudo de Muller et al.²¹, a plataforma de força foi ajustada para capturar dados com uma frequência de apenas 60hz, isto é, obtendo 60 informações por segundo.

Este estudo utilizou frequência maior para a captura da força de reação vertical do solo - 1000 Hz - e um número maior de tentativas válidas - 10.

Observamos também que os dois picos da força de reação vertical do solo tiveram comportamentos semelhantes entre os grupos de pacientes com Diabetes e o grupo Controle. Resultado encontrado por Katoulis et al.³⁸

A amplitude de movimento tibio-társica do GD e do GN é estatisticamente inferior. Os achados da literatura relacionados a de limitação de mobilidade articular são associados a alterações de colágeno, com acometimento precoce dos tendões, ligamentos e cartilagem do pé e tornozelo, nos pacientes com diabetes independente da neuropatia.^{11,16,39}

Segundo Santos e Barela⁴⁰ e Yavuzer et al.⁴¹, antes do diagnóstico clínico de Neuropatia Diabética, pacientes diabéticos podem apresentar alterações sensitivas e motoras, modificando o padrão da marcha. Assim, a semelhança dos achados de amplitude articular entre os grupos de pacientes diabéticos com e sem neuropatia - GD e GDN, pode sugerir que a presença de neuropatia subclínica no primeiro grupo.

Estudos sobre picos de força de reação vertical do solo em portadores de neuropatia diabética que utilizam calçados terapêuticos poderão contribuir na avaliação de sua eficácia.

CONCLUSÃO

A amplitude de movimento da articulação tíbio-társica está diminuída nos diabéticos, independente da presença ou ausência de neuropatia periférica, e os diabéticos com neuropatia periférica, apresentaram aumento no primeiro e no segundo pico da força de reação vertical do solo durante a marcha.

REFERÊNCIAS

- Boulton AJM, Gries FA, Jervell JA. Guidelines for the diagnoses and outpatient management diabetic peripheral neuropathy. *Diabet Med*. 1998;15:508-14.
- Brasileiro JL, Oliveira WTP, Monteiro LB, Chen J, Pinho EL Jr, Molkenthin S, Santos MA. Pé diabético: aspectos clínicos. *J Vasc Br*. 2005;4:11-21.
- Watkins PJ, Thomas PK. Diabetes mellitus and the nervous system. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1998;65:620-32.
- Wieman TJ. Principles of management: the diabetic foot. *Am J Surg*. 2005;190:295-9.
- Price P. The diabetic foot: quality of life. *Clin Infect Dis*. 2004;39:S129-31.
- Boulton AJM, Vink AI, Arezzo JC, Bril V, Feldman EL, Freeman R et al. Diabetic neuropathies, a statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2005;28:956-62.
- Tesfaye S. Neuropathy in diabetes. *Medicine*. 2006;34:91-4.
- Litzelman DK, Slemenda CW, Langefeld CD, Hays LM, Welch MA, Bild DE et al. Reduction of lower extremity clinical. *Int Med*. 1993;119:36-41.
- Levy MJ, Valabhji J. The diabetic foot. *Surgery*. 2004;22:338-41.
- Eils E, Nolte S, Tewes M, Thorwesten L, Volker K, Rosenbaum D. Modified pressure distribution patterns in walking following reduction of plantar sensation. *J Biomech*. 2002;35:1307-13.
- Zimny S, Schatz H, Pfohl M. The role of limited joint mobility in diabetic patients with an at-risk foot. *Diabetes Care*. 2004;27:942-6.
- Birke JA, Franks DB, Foto JG. First ray limitation, pressure, and ulceration of first metatarsal head in diabetes mellitus. *Foot Ankle Int*. 1995;16:277-84.
- Jeffcoate WJ, Harding KG. Diabetes foot ulcers. *Lancet*. 2003;361:1545-51.
- Shaw JE, Van Schie CHM, Carrington AL, Abbott CA, Boulton AJM. An Analysis of dynamic forces transmitted through the foot in diabetic neuropathy. *Diabetes Care*. 1998;21:1955-9.
- Boulton AJM. Whither clinical research in diabetic sensorimotor peripheral neuropathy? *Diabetes Care*. 2007;30:2752-53.
- Browne DL, McCrae FC, Shaw KM. Musculoskeletal disease in diabetes. *Pract Diab Int*. 2001;18:62-4.
- Lindsay JR, Kennedy L, Atkinson AB, Bell PM, Carson DJ, McCance DR et al. Reduced prevalence of limited joint mobility in type 1 diabetes in a U.K. clinic population over a 20 year period. *Diabetes Care*. 2005;28:658-61.
- Duffin AC, Donaghue KC, Potter M, McInnes A, Chant AKF, King J et al. Limited joint mobility in the hands and feet of adolescents with type 1 diabetes mellitus. *Diabetic Med*. 1998;16:125-30.
- Caputo GM, Cavanagh PR, Ulbrecht JS, Gibbons GW, Karchmer AW. Assessment and management of foot disease in patient with diabetes. *N Engl J Med*. 1994;331:854-60.
- Bardelli M, Turelli L, Scoccianti G. Definition and classification of metatarsalgia. *Foot Ankle Surg*. 2003;9:79-85.
- Muller MJ, Minor SC, Sahrman SA, Schaaf JA, Strube MJ. Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched controls. *Phys Ther*. 1994;74:299-313.
- Lunetta M, Le Moli R, Grasso G, Sangiorgio L. A simplified diagnostic test for ambulatory screening of peripheral diabetic neuropathy. *Diabetes Res Clin Pract*. 1998;39:165-72.
- Bax G, Fagherazzi C, Piarulli F, Nicolucci A, Fedele D. Reproducibility of Michigan Neuropathy Screening Instrument (MNSI). A comparison with tests using the vibratory and thermal perception thresholds. *Diabetes Care*. 1996;19:904-5.
- Feldman EL, Stevens MJ, Thomas PK, Brown MB, Canal N, Greene DA. A practical two-step quantitative clinical and electrophysiological assessment for the diagnosis and staging of diabetic neuropathy. *Diabetes Care*. 1994;17:1281-9.
- Apelqvist J, Bakker K, Van Houtum W H, Nabuurs-Franssen M H, Schaper NC. International consensus and practical guidelines on the management and the prevention of the diabetic foot. International Working Group on the Diabetic Foot. *Diabetes Metab Res. Suppl* 1;2000:S84-92.
- Andersen CA, Roukis TS. The diabetic foot. *Surg Clin North Am*. 2007;87:1149-77.
- Bailes BK. Diabetes mellitus and its chronic complications. *AORN J*. 2002;76:265-82.
- Van Deursen R. Mechanical loading and off-loading of the plantar surface of the diabetic foot. *Clin Infect Dis*. 2004;39:S87-91.
- Cappozzo A, Catani F, Croce UD, Leardini A. Position and orientation in pace of bones during movement: anatomical frame definition and determination. *Clin Biomech (Bristol Avon)*. 1995;10:171-8.
- Uccioli L, Caselli A, Giacomozzi C, Macellari V, Giurato L, Lardieri L, Menzinger G. Pattern of abnormal tangential forces in the diabetic neuropathic foot. *Clin Biomech*. 2001;16:446-54.
- Boulton AJM. The diabetic foot. *Medicine*. 2006;34:87-90.
- Gefen A. Plantar soft tissue loading under the metatarsals in the standing diabetic foot. *Med Eng Phys*. 2003;25:491-9.
- Bardelli M, Turelli L, Scoccianti G. Definition and classification of metatarsalgia. *Foot Ankle Surg*. 2003;9:79-85.
- Ulbrecht JS, Cavanagh PR, Caputo GM. **Foot problems in diabetes: an overview.** *Clin Infect Dis*. 2004;39:S73-82.
- Long JT, Klein JP, Sirota NM, Wertsch JJ, Janisse D, Harris GF. Biomechanics of double rocker sole shoe: Gait kinematics and kinetics. *J Biomech*. 2007;40:2882-90.
- Myers KA, Long JT, Klein JP, Wertsch JJ, Janisse D, Harris GF. Biomechanical implications of negative heel rocker sole shoe: Gait kinematics and kinetics. *Gait Posture*. 2005;24:323-0.
- Akashi PMH. Influencia da neuropatia periférica e da ulceração plantar nas variáveis cinéticas e eletromiográficas durante a marcha de diabéticos [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2007.
- Katoulis EC, Ebdon-Parry M, Lanshammar H, Vileikyte L, Kulkarni J, Boulton AJM. Gait abnormalities in diabetic neuropathy. *Diabetes Care*. 1997;20:1904-7.
- Eaton RP, Sibbitt WL, Shah VO, Dorin RI, Zager PG, Bicknell JM. A commentary on 10 years of aldose reductase inhibition for limited joint mobility in diabetes. *J Diabetes Compl*. 1998;12:34-8.
- Santos AD, Barela JA. Alterações do andar em portadores de diabetes mellitus, neuropatia diabética periférica e amputação transmetatarsiana. *Rev Bras Biom*. 2002;3:21-9.
- Yavuzer G, Yetkin I, Toruner FB, Koca N, Bolukbasi N. Gait deviations of patients with diabetes mellitus: looking beyond peripheral neuropathy. *Eur Medicophys*. 2006;42:127-33.