

Parâmetros da marcha em portadores de diabetes mellitus

Gait parameters in patients with diabetes mellitus

Cristina Elena Prado Teles Fregonesi ¹
Marcela Regina de Camargo ¹

Resumo – O Diabetes mellitus é uma enfermidade crônica que leva a alterações sensitivas e motoras. Tais alterações comprometem o equilíbrio e a deambulação, predispondo seus portadores à ocorrência de quedas. Esta revisão teve por objetivo levantar, na literatura recente, estudos que visassem avaliar parâmetros da marcha e aspectos envolvidos com a deambulação. Para isso, foi realizada uma busca nas bases de dados MEDLINE, SciELO, LILACS e PEDro, cruzando as palavras-chave: Neuropatias Diabéticas x Marcha; Diabetes Mellitus x Marcha e Pé Diabético x Marcha. Após passarem pelos critérios de seleção, foram obtidos 15 artigos, os quais foram sintetizados e discutidos, sendo, portanto, incluídos nesta revisão. Ficou claro que a neuropatia diabética leva a déficits na amplitude do passo, velocidade e cadência da marcha em superfícies planas, sem mudanças bruscas de direção ou paradas, e déficits de equilíbrio e coordenação em aclives, declives e terrenos irregulares. Acarreta, também, aumento dos índices de pressão plantar e, devido à alteração de ativação do tríceps sural, dificuldade na fase de apoio terminal e pré-balanço. Assim, o próximo contato inicial ocorrerá de maneira inadequada, com o antepé e sem absorção de choques.

Palavras-chave: Diabetes mellitus; Neuropatias diabéticas; Marcha; Acidentes por quedas.

Abstract – *Diabetes mellitus is a chronic disease that results in sensorimotor alterations. These changes affect balance and walking and predispose affected patients to falls. The aim of this review was to identify studies in the recent literature that assess gait parameters and aspects involved in walking. The MEDLINE, SciELO, LILACS and PEDro databases were searched using the following combination of keywords: diabetic neuropathies x gait; diabetes mellitus x gait, and diabetic foot x gait. After the application of selection criteria, 15 articles were retrieved, summarized, discussed, and are included in this review. Diabetic neuropathy was found to lead to deficits in step amplitude, gait velocity and gait cadence on flat surfaces, without sudden changes in direction or stops, and to balance and coordination deficits on inclined and uneven terrain. Diabetic neuropathies also increase plantar pressure rates and lead to difficulties in the terminal stance phase and pre-swing phase due to changes in triceps surae activation. Thus, the next initial contact occurs in an inadequate manner, with the forefoot and without absorption of shocks.*

Key words: *Diabetes mellitus; Diabetic neuropathies; Gait; Accidental falls.*

¹ Universidade Estadual Paulista. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, SP, Brasil.

Recebido em 22/08/08
Revisado em 16/02/09
Aprovado em 24/06/09

INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus (DM) é uma das enfermidades crônicas mais diagnosticada nos últimos anos. Acomete cerca de 170 milhões de indivíduos no mundo e há uma previsão de aumento de 114% até 2030. Nos países em desenvolvimento, este aumento será ainda maior, cerca de 146% em relação aos 115 milhões de diabéticos existentes hoje¹.

A principal complicação do DM é a neuropatia diabética periférica (NDP), cuja prevalência pode chegar a 50% dos casos². Este tipo de neuropatia é caracterizado por uma síndrome clínica ou sub-clínica que afeta diferentes tipos de nervos, tendo uma evolução que varia desde manifestações silenciosas até a ocorrência de sinais e sintomas, como perda de sensibilidade somatossensitiva. Seu diagnóstico deve ser feito por exclusão³, uma vez que é dado pela presença de sinais e sintomas de disfunção nervosa periférica em portadores de DM, eliminando outras possíveis causas. No entanto, para sua confirmação, um exame clínico detalhado deve ser realizado, pois a ausência de sintomas não pode ser entendida como ausência de neuropatia⁴.

Além do envolvimento das fibras aferentes, com a progressão do quadro, a NDP leva ao comprometimento das fibras nervosas motoras, desencadeando atrofia subjacente à fraqueza muscular. A lesão se dá no sentido distal para proximal, sendo as articulações dos pés e tornozelos primeiramente atingidas⁵. A fisiopatologia da NDP é responsável, ainda, pelo aparecimento de áreas anômalas de pressão nas plantas dos pés, agravadas pelo atraso de ativação de alguns músculos durante a marcha e pelo déficit sensitivo, posto que com os pés anestesiados, os diabéticos não sentem dor. O resultado pode ser o aparecimento de úlceras plantares que, se não tratadas devidamente, levam às amputações⁶.

Em idosos com diabetes, neuropatias periféricas são especialmente problemáticas devido à perda gradual da estabilidade, com decréscimos nas oscilações do centro de pressão, e da função sensório-motora, com possíveis adaptações compensatórias de mecanismos musculoesqueléticos. A presença de NDP associada à idade avançada culminam em uma condução nervosa deficitária, o que causa um impacto negativo sobre as atividades da vida diária, inclusive na marcha.

O processo natural da senilidade, por si só, já envolve alterações do sistema musculoesquelético e do sistema somatossensitivo, levando ao comprometimento do controle postural¹⁰⁻¹². Somando-se às alterações nervosas, somatossensitivas e motoras da

NDP¹³, a marcha deste indivíduo sofre alterações, ocorrendo episódios de desequilíbrios. Por conseguinte, com a progressão do quadro de neuropatia, multiplicam-se os riscos de quedas, que constituem um problema de saúde pública no mundo¹³⁻¹⁶.

Gutierrez *et al.*¹⁴, após estudo com 18 mulheres portadoras de diabetes, concluíram que a perda gradual do equilíbrio nesta população pode estar relacionada ao déficit de força muscular de tornozelo encontrado no estudo. Kanade *et al.*¹³, em um estudo envolvendo 84 diabéticos com alterações relativas à neuropatia, concluíram que a capacidade e o desempenho da marcha diminuem com a progressão das complicações (nervosas e circulatórias) ocorridas nos pés.

Wallace *et al.*¹⁵, em estudo com 400 diabéticos, observaram que a prevalência de quedas chega a 1,25 por ano e que ocorreu, pelo menos, um episódio anual de queda em 54% da população estudada. Maurer *et al.*¹⁶, após estudarem 139 idosos, sendo 13% diabéticos e 87% não diabéticos, encontraram incidência de quedas em 78% nos diabéticos e 30% nos não diabéticos e concluíram que o DM deve ser considerado um fator de risco para quedas e a identificação dos indivíduos nesta situação pode facilitar a tomada de medidas preventivas, destinadas a reduzir o risco de quedas.

Diante do exposto, a presente revisão busca levantar, na literatura, estudos que relatem as características do padrão de marcha e risco de quedas em NDP, bem como, discutir sobre resultados similares e contraditórios destes estudos, para que se possa fornecer orientação sobre o rumo que deve ser dado à realização de futuras pesquisas na área.

DESENVOLVIMENTO

Em abril de 2008, foi realizada busca abrangendo as bases de dados da área da saúde: MEDLINE; SCieLO; LILACS; e PEDro. Na estratégia, foram cruzados os termos indexados *Neuropatias Diabéticas x Marcha*; *Diabetes Mellitus x Marcha* e *Pé Diabético x Marcha*, nos idiomas inglês e português. As buscas realizadas com todos os cruzamentos nos permitiu encontrar 250 publicações sobre o assunto. Os resultados da busca foram filtrados, sendo somente utilizadas as publicações de janeiro de 2003 a abril de 2008.

No processo de seleção, foi realizada leitura de todos os resumos e optado por incluir nesta revisão apenas artigos relacionados a ensaios clínicos para avaliação das características da marcha de diabéticos. Foram excluídos artigos de revisão, relatos

de casos e comunicações breves. Em relação ao perfil da amostra, foram selecionados artigos que incluíssem portadores de diabetes tipo I ou II, com ausência de amputações, deformidades ortopédicas e que deambulassem sem assistência. Após este procedimento, foram incluídos, nesta revisão, 15 artigos originais, todos na língua inglesa e escritos por 13 diferentes primeiros autores (Figura 1).

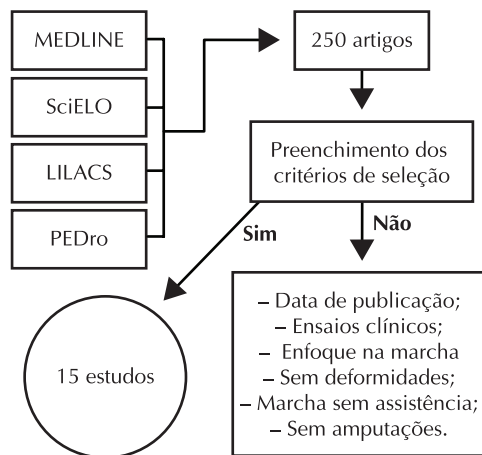


Figura 1. Metodologia para seleção dos artigos incluídos no estudo.

O quadro 1 agrupa os artigos incluídos e sintetiza as principais informações de cada um e utiliza as seguintes abreviaturas:

• **Amostra**

CO: Controles; D: Diabéticos; NDP: Neuropatas diabéticos; NDU: Neuropatas diabéticos ulcerados; NDQ: Neuropatas diabéticos que já sofreram quedas; N/C: Não consta.

• **Critérios de elaboração do perfil da amostra**

DM: Diabetes Mellitus; MNSI: Michigan Neuropathy Screening Instrument; NDS: Neuropathy Disability Score; VPT: Limiar de

sensibilidade vibratória; TPS: Teste de sensibilidade somatossensitiva; ND: Neuropatia diabética; MMII: Membros inferiores; ADM: Amplitude de movimento; FM: força muscular; EMG: Eletromiografia.

• **Parâmetros avaliados**

US: Ultrassom; GRF: Força de reação ao solo.

• **Conclusões**

MTF: Articulação metatarsal-falângica; AP: Ântero-posterior; ML: Médio-lateral.

Na coluna “Amostra” são descritos o número e o tipo de população incluída. Onze estudos^{17-23,26,27,29,31} incluem portadores de NDP, sete^{18,24,25,28-31} incluem diabéticos sem neuropatia, três estudos^{17,18,29} incluem NDP que já tiveram úlceras, um estudo²⁷ inclui um grupo NDP que já sofreu queda e onze estudos^{17-19,22-25,28-31} foram controlados com indivíduos não-diabéticos.

Quatro estudos^{24,25,28,30} não incluíram NDP, comparando um grupo diabético sem neuropatia com controle não-diabéticos.

Na coluna “Critérios de elaboração do perfil da amostra”, são descritos os parâmetros de inclusão e exclusão dos estudos para eliminação de possíveis variáveis que causem confusão. Dez estudos^{17-19,21-23,26,27,29,30} descreveram algum critério para confirmação de NDP, sete^{17,18,22,23,26-28} descreveram a exclusão de amputados, seis^{17,18,25-28} tiveram critérios relacionados à idade, seis^{17-19,22,24,25} excluíram portadores de enfermidades ortopédicas, dez^{17-19,22,23,26-29,31} excluíram portadores de doenças neurológicas, seis^{18,19,26,27,29,31} excluíram portadores de moléstias musculoesqueléticas, cinco^{17,23,26-28} descreveram a exclusão de dependentes de assistência para deambulação e quatro^{17,28,30,31} excluíram indivíduos portadores de úlceras no momento da avaliação.

Nas colunas “Proporção entre os sexos”, “Média ou mínimo e máximo de idade” e “IMC” estão relacio-

Quadro 1. Artigos incluídos no estudo e suas principais informações.

Estudo	Amostra [n] (DM Tipo 1 / Tipo 2)	Critérios de elaboração do perfil da amostra	Proporção entre os sexos (masculino/feminino)	Média(dp) ou mínimo – máximo de idade.	IMC (Índice de massa corpórea) médio	Parâmetros avaliados	Conclusões
Akashi et al. ¹⁷	[45] 19NDP (0/19) 10NDU (0/10) 16CO	Incluídos: 5 anos de DM; e pontuação de 6 ou mais no MNSI. Excluídos: amputações, idade superior a 65 anos, doença ortopédica ou neurológica do pé, dependência para deambulação, presença de úlceras durante a avaliação e abuso de álcool.	11/8NDP 5/5NDU 8/8CO	57,6(8,5)NDP 53,8(7,9)NDU 51,1(8,3)CO	26,6(4,2)NDP 27,8(4,6)NDU 23,9(2,9)CO	EMG e GRF: Tibial anterior, vasto lateral e gastrocnêmio lateral durante fase de apoio numa plataforma de força.	Atraso na ativação do gastrocnêmio e vastos laterais, em NDU, diminuindo a proporção do momento vertical durante a fase de propulsão que pode comprometer a capacidade de marcha.

Continua →

Estudo	Amostra [n] (DM Tipo 1 / Tipo 2)	Crítérios de elaboração do perfil da amostra	Proporção entre os sexos (masculino/feminino)	Média(dp) ou mínimo – máximo de idade.	IMC (Índice de massa corpórea) médio	Parâmetros avaliados	Conclusões
D'Ambrogi et al. ¹⁸	[82] 19NDP (9/10) 15NDU (3/12) 27D (8/19) 21CO	Incluídos em NDP/NDU: pontuação >5 no NDS e >25V no VPT. Incluídos em NDU: história prévia de úlcera nas cabeças dos metatarsos 3 meses antes do estudo. Excluídos: idade superior a 70 anos, presença de outras doenças que culminassem no quadro, amputações.	10/9NDP 10/5NDU 19/8D 13/8CO	53,7(10,4)NDP 57,3(9,6)NDU 52,7(12,7)D 56,6(11,8)CO	27,0(4,9)NDP 27,5(4,1)NDU 25,3(3,4)D 25,0(3,1)CO	US e GRF: Espessamento do tendão de Aquiles e da fásia plantar e marcha numa plataforma de força.	Aumento no espessamento do tendão de Aquiles e da fásia plantar, presente na neuropatia, leva a permanência do mecanismo de <i>Windlass</i> durante todo ciclo de marcha.
Gates et al. ¹⁹	[26] 14NDP (N/C) 12CO	Incluídos: IMC>25, ausência de medicações, cirurgias, lesões ou doenças que impedissem a marcha e resposta positiva ao TPS.	12/2NDP 10/2CO	61,0(6,6)NDP 57,6(7,7)CO	30,3(4,4)NDP 29,4(2,2)CO	Eletro-goniômetro: ADM de joelhos, cadência e velocidade durante a marcha fisiológica.	Geração e regulação do intervalo de passos permanecem inalteradas em NDP.
Guldemond et al. ²⁰	[20] 20NDP (N/C)	Incluídos: pés neuropáticos não deformados e com altos índices de pressão plantar.	17/0NDP	44-78NDP	19,3-46NDP	Palmilha para detecção de índices de pressão plantar e palmilha de posicionamento podal durante a marcha em esteira.	A combinação de uma cúpula e de um apoio suplementar leva à diminuição dos índices de pressão plantar durante a marcha.
Hsi et al. ²¹	[10] 10 NDP (N/C)	Incluídos: incapacidade de sentir o monofilamento 5.07 e sem história prévia de ulceração.	3/7NDP	63(9)NDP	-	Palmilha para detecção de pressão plantar e "rocker-sole" durante marcha fisiológica.	Calçados com "rocker-sole" diminuem os índices de pressão plantar levando sua redistribuição durante a marcha.
Kwon et al. ²²	[18] 09NDP (2/7) 09CO	Incluídos: insensibilidade ao monofilamento 5.07 e história de úlcera plantar. Excluídos: demência, amputação, doença neurológica ou ortopédica.	6/3NDP 6/3CO	59,2(11,2)NDP 59,2(12,6)CO	-	Fotogrametria ADM (dorsiflexão com joelhos fletidos, dorsiflexão com joelhos estendidos, eversão e inversão) e EMG do vasto lateral, sóleo, gastrocnêmio medial, e ísquiotibial medial e velocidade durante marcha em superfície plana.	Ativação precoce do sóleo e do gastrocnêmio medial leva a um contato inicial prematuro do antepé com o solo, diminuindo a absorção de impacto e acentuando a fase de apoio da marcha.

Continua →

Estudo	Amostra [n] (DM Tipo 1 / Tipo 2)	Critérios de elaboração do perfil da amostra	Proporção entre os sexos (masculino/feminino)	Média(dp) ou mínimo – máximo de idade.	IMC (Índice de massa corpórea) médio	Parâmetros avaliados	Conclusões
Menz et al. ²³	[60] 30NDP (0/30) 30CO	Incluídos: VPT e teste de sensibilidade tátil. Excluídos: doença de Parkinson, amputação, grande cirurgia no pé, deformidades ortopédicas e marcha com assistência.	22/8NDP 22/8CO	55-91NDP 55-91CO	-	Cadência e velocidade da marcha, amplitude do passo, acelerometria da cabeça e da pelve durante marcha em terreno irregular.	Os NDP demonstram diferenças claras entre a estabilidade da cabeça e pelve durante a aceleração, adotando um padrão de marcha mais conservador.
Petrofsky et al. ²⁴	[55] 25D (0/25) 30CO	Incluídos CO: ausência de DM. Excluídos: incapacidade de sentir 10g de pressão, diminuição da FM e doenças ortopédicas ou articulares nos MMII.	13/12D 19/11CO	61,6(8,6)D 43,2(19,5)CO	28,4(6,0)D 22,3(3,5)CO	Cadência e velocidade da marcha: acelerometria EMG: gastrocnêmio medial e tibial anterior. Sensores plantares durante a marcha.	Em D a marcha está comprometida com passos incertos e amplitude aumentada.
Petrofsky et al. ²⁵	[31] 15D (0/15) 16CO	Incluídos: 5 anos de DM (glicose sérica >126mg), idade entre 40-70 anos, sem história de quedas, doenças ortopédicas ou articulares. Excluídos: déficit de FM, sensibilidade ou ADM.	8/8D 7/8CO	57(5,1)D 56(6,3)CO	-	Cadência e velocidade da marcha: acelerometria Índices de pressão plantar: palmilha transdutora.	Diabéticos apresentam distúrbios na marcha e riscos para queda, anteriormente as perdas sensitivas. A perda do equilíbrio leva à redistribuição de pressões nos pés.
Richardson et al. ²⁶	[42] 42NDP (N/C)	Incluídos: idade entre 45-85 anos, sintomas de NDP, deambulação sem assistência, falar e entender inglês, sinais clínicos e no EMG de NDP. Excluídos: peso >136Kg, doenças neurológicas, músculoesqueléticas amputações, EMG de outras doenças.	22/20NDP	65,9(10,4)NDP	32,1(6,9)NDP	Largura, comprimento do passo, velocidade da marcha e introdução de métodos assistivos.	A inserção de métodos assistivos pode colaborar para evitar o risco de quedas em pacientes diabéticos.
Richardson et al. ²⁷	[42] 22NDQ (N/C) 20NDP (N/C)	Incluídos: idade entre 50-85 anos, sintomas de NDP, deambulação sem assistência, falar e entender inglês, sinais clínicos e EMG de NDP. Excluídos: peso >136Kg, enfermidades neurológicas, musculoesqueléticas distúrbio de equilíbrio, amputação, respostas anormais a testes neurológicos.	8/14NDQ 6/14NDP	64,7(9,8)NDP	31,8(6,6)NDP	Largura, comprimento do passo, velocidade da marcha.	Em superfícies irregulares, NDQ tem maior variabilidade do passo e adaptabilidade do andar que NDP.

Continua →

Estudo	Amostra [n] (DM Tipo 1 / Tipo 2)	Critérios de elaboração do perfil da amostra	Proporção entre os sexos (masculino/feminino)	Média(dp) ou mínimo – máximo de idade.	IMC (Índice de massa corpórea) médio	Parâmetros avaliados	Conclusões
Sacco et al. ²⁸	[40] 20D (0/20) 20CO	Excluídos: idade >65 anos, presença de úlcera plantar durante a avaliação, uso de assistência para andar, vestibulopatia, doença vascular periférica, enfermidade muscular, reumática, neurológica ou visual, uso abusivo de álcool e amputações.	8/8D 12/8CO	51,5(11,2)D 40,1(10,4)CO	-	EMG: tibial anterior, vasto lateral, gastrocnêmio lateral e respectivos GRF.	Além dos danos dos recursos sensitivos e motores, a NDP leva a alterações do mecanismo intrínseco de controle motor ineficiência da articulação do tornozelo o que gera danos no equilíbrio e progressão da marcha.
Turner et al. ²⁹	[103] 28NDP (N/C) 25NDU (N/C) 25D (N/C) 25CO	Incluídos em NDP e NDU: VPT, falta de sensibilidade ao monofilamento de 10g (5.07) e deformidades nos pés. Excluídos: doença musculoesquelética articular, ou cirurgia no pé, neuropatia periférica de outras causas, enfermidade visual significativa ou doença arterial periférica.	15/13NDP 20/5NDU 14/11D 14/11CO	64(56-71)NDP 59(52-65) NDU 61(50-68)D 59(52-64)CO	27,0(25,2-29,1)NDP 29,7(25,9-32,4)NDU 26,5(24,3-30,0)D 25,0(23,8-30,6)CO	ADM de pés e índices de pressão plantar com palmilha transdutora.	A dorsiflexão limitada da 1ª MTF indica que esta é mais informativa para identificar indivíduos com aumento de pressão plantar e risco de úlceras, quando comparada à inversão/eversão.
Yavuz et al. ³⁰	[35] 15D (10/5) 20CO	Incluídos: déficit de sensibilidade ao monofilamento 5.07. Excluídos: úlceras, grandes deformidades, cirurgias e dores nos pés.	12/3D 12/8CO	60,5(10,1) D 45,8(19,8) CO	29,2(8,0)D 24,9(3,4)CO	Índices de pressão plantar com plataforma de força.	Indivíduos D têm maior força de cisalhamento na planta dos pés em deslocamento AP e ML que os CO.
Yavuzer et al. ³¹	[66] 20NDP (N/C) 20D (N/C) 20CO	Excluídos: úlceras, pés <i>Charcot</i> , enfermidades neurológicas, reumáticas, ou musculares.	12/8NDP 12/14D 10/10CO	61,7(8,5)NDP 58,2(9,5)D 60,9(5,9)CO	29,5(4,5)NDP 30,3(5,9)D 28,9(5,1)CO	Análise qualitativa de marcha por meio de fotogrametria e software específico. Velocidade e cadência da marcha e amplitude do passo.	Neuropatia compromete a marcha de diabéticos, mas características ósseas, musculares e teciduais também parecem estar envolvidas neste processo.

nados, respectivamente, proporção entre indivíduos do gênero masculino e feminino, idade média ou máxima e mínima e IMC distribuídos para cada grupo.

Na coluna “Parâmetros avaliados”, estão descritos os métodos de avaliação para cada ensaio clínico. Estes parâmetros foram divididos em dois grandes grupos:

Parâmetros cinemáticos quantitativos (Tabela 1):

- Mensuração da velocidade, observadas em oito estudos^{19,22-27,31};
- Mensuração da cadência da marcha, observada em três estudos^{19,23,31}.
- Mensuração da amplitude do passo, observada em quatro estudos^{23,26,27,31};
- Variabilidade do tempo do passo, observada em três estudos^{23,26,27}.

Tabela 1. Média, Desvio-padrão e Amplitude de alguns parâmetros cinemáticos quantitativos encontrados.

Variáveis	Média		Desvio padrão		Amplitude	
	DM	CO	DM	CO	DM	CO
Velocidade (m/s)	0,87	1,16	0,17	0,21	0,70-1,25	0,90-1,45
Cadência (passos/s)	1,47	1,52	0,30	0,44	1,12-1,66	1,01-1,78
Amplitude do passo (m)	0,52	0,59	0,04	0,08	0,48-0,59	0,52-0,68
Variabilidade do tempo do passo (s)	0,05	0,03	0,01	0,004	0,044-0,073	0,031-0,038
Relação temporal apoio/balanço	1,55	1,42	0,04	0,005	1,51-1,58	1,42-1,43

DM: Portadores de Diabetes Mellius; CO: Controle.

- Relação temporal entre fase de apoio e fase de balanço, observada em três estudos^{22,24,25}.

Além das variáveis dispostas na tabela 1, foram observados, ainda, os seguintes parâmetros cinemáticos quantitativos:

- Acelerometria: Três estudos utilizaram o acelerômetro como material de coleta de dados²³⁻²⁵. Um estudo²³ considerou a aceleração na pelve e na cabeça, além da aceleração vertical e concluiu que diabéticos, no geral, possuem uma média de aceleração 13,13% menor nestes parâmetros quando comparados aos controles. Um estudo²⁴ verificou a acelerometria na articulação do joelho e outro estudo²⁵ dispôs acelerômetros nos ombros; quadris; joelhos e tornozelos, constatando, também, que a aceleração, em todas as articulações de diabéticos, encontra-se diminuída em relação aos controles.
- Tempo de ativação muscular: Quatro estudos^{17,22,24,28} utilizaram o tempo de ativação muscular mensurado pela eletromiografia. Dois deles^{22,24} verificaram os resultados da ativação muscular durante as fases do ciclo da marcha e verificaram atrasos de ativação em relação aos controles. O primeiro estudo¹⁷, com o uso de plataforma de força, verificou o tempo de ativação dos músculos vasto lateral, gastrocnêmio lateral e tibial anterior na fase de apoio, constatando atraso na ativação muscular dos dois primeiros e o segundo estudo²⁸ verificou a ativação do vasto lateral e tibial anterior, na marcha em esteira ergométrica, e constatou atraso de ativação do dorsiflexor.
- Amplitude de movimento das articulações: Três estudos^{22,29,31} realizaram a medida da ADM de articulações dos membros inferiores. Dois deles^{29,31} avaliaram, durante a realização da marcha: um estudo utilizou sistema de sensores, enquanto que o outro utilizou sistema de vídeo e *software*. Um estudo²² verificou a ADM durante o repouso, através de goniômetro. Em

todas as pesquisas foi constatado que neuropatas diabéticos apresentam diminuição da ADM nos tornozelos e articulações dos pés.

Parâmetros cinéticos.

- Força de reação ao solo: Dois estudos^{17,18} pesquisaram a força de reação ao solo por meio de plataforma de força. O primeiro estudo¹⁷ buscou relacionar as forças de reação ao solo (GRF) com a atividade muscular de determinados músculos e foi constatado que quanto maior o comprometimento sensitivo dos pés, mais comprometida se torna a fase de contato inicial e de pré-balanço devido à fraqueza da musculatura envolvida. Já o segundo estudo¹⁸ verificou as GRF, durante as fases do ciclo da marcha, e constatou que a NDP leva a um aumento da GRF relacionado com a fase de apoio, principalmente, no período da propulsão ou pré-balanço.
- Pressão plantar: Quatro estudos^{20,21,29,30} verificaram a distribuição de pressão nas plantas dos pés. Um deles³⁰ utilizou plataforma de força, comparou as resultantes da força de cisalhamento em algumas regiões plantares e concluiu que diabéticos estão mais sujeitos às consequências dessa força que os controles. O três demais^{20,21,29} utilizaram palmilha transdutora de índices de pressão. Dois deles^{20,21} tiveram enfoque em dispositivos para melhorar a distribuição da pressão, constatando melhora na distribuição de pressão plantar, por meio de palmilha de posicionamento²⁰ ou de adaptação adequada no calçado²¹. Já no terceiro²⁹, que buscou correlacionar sítios de hiperpressão plantar com ADM de algumas articulações dos pés, foi observada associação significativa dessas condições apenas na primeira articulação metatarsal.

É sabido que diabéticos têm menor velocidade da marcha e amplitude do passo quando lhes é solicitado a deambular em uma superfície plana, em linha reta. No entanto, poucos são os estudos que

tentam simular um padrão de marcha que se aproxime melhor daquele realizado no cotidiano. Merecem destaque os estudos²³⁻²⁷ que utilizam como método a locomoção em superfícies irregulares e com períodos de parada e retorno à caminhada. Esta forma de avaliação deve ser mais utilizada pela maior proximidade com a atividade real, uma vez que, em tais estudos, ficou claro que essa é a grande dificuldade na deambulação de indivíduos com NDP.

Estudos que visaram correlacionar alguns parâmetros da marcha com riscos de queda também merecem ser salientados. As alterações nervosas intrínsecas causadas pela NDP, que acabam culminando no aumento da propensão às quedas, ocorrem porque a neuropatia compromete a velocidade de condução nervosa às fibras musculares rápidas, tornando ineficaz o torque na região do tornozelo e, por conseguinte, a estabilidade médio-lateral na fase de apoio simples²³.

Um dos estudos¹⁹ utilizou o expoente α para tentar prever quedas pela teoria fractal (que busca uma relação entre dois processos de maneira não-linear). No entanto, a associação entre a presença NDP com episódios de quedas e a dinâmica fractal não demonstrou significância. Dois estudos^{23,27} concordam que na realização da marcha sob superfície plana e boa luminosidade, os neuropatas sem restrição visual não apresentam perda de equilíbrio. Nessas condições apenas adotam um padrão mais conservador da marcha, com amplitude do passo, velocidade e cadência da marcha diminuídos. Todavia, se os locais se tornam inadequados, com superfícies irregulares e pouca luminosidade, os indivíduos passam a ter maiores desequilíbrios e dificuldade de deambulação.

Um estudo²⁶ realizou intervenção com diferentes tipos de auxílio, tais como bengala, apoio em uma superfície vertical (parede) e órteses, durante a execução da marcha de neuropatas. Este estudo concluiu que os auxílios utilizados melhoram a regularidade da marcha sob condições irregulares e baixa luz. Esta intervenção pode permitir aos pacientes manter a otimização da marcha e diminuir a propensão às quedas perante circunstâncias difíceis.

Em relação à atividade muscular alguns estudos^{17,18,22,28} concordam com a disfunção na ativação do tríceps sural na fase de apoio terminal e pré-balanço. Segundo esses autores, essa alteração faz com que, no final da fase de apoio, momento em que o tríceps age de maneira concêntrica para impulsionar o pé contra o solo, não haja a flexão plantar esperada. Essa situação encurta a fase de balanço, pois o membro não impulsionado adequadamente, tocará prematuramente o solo no próximo apoio, diminuindo a absorção de impactos, gerando défici-

ents no equilíbrio e progressão da marcha.

Dois estudos^{20,21} verificaram a eficácia da utilização de palmilhas e calçado específico para diminuição da hiperpressão plantar de diabéticos com NDP. O primeiro²⁰ fez uso de uma palmilha com aumento do arco plantar e o segundo²¹ utilizou um calçado com mecanismo “*rocker-sole*” (elevação de determinadas regiões da sola do sapato, visando aliviar as áreas de hiperpressão plantar). Ambos concluíram que a adoção destes utensílios levou à diminuição da pressão das regiões plantares envolvidas.

CONCLUSÃO

Foi possível notar que, para a elaboração do perfil da amostra e distribuição dos indivíduos nos grupos, são muitas as ferramentas utilizadas para a confirmação diagnóstica da NDP desde questionários validados, exames clínicos simples até os mais sofisticados. Em geral, todas essas ferramentas foram eficazes para discriminar o(s) grupo(s) neuropata(s) dos não-neuropata(s), devido às diferenças significantes observadas nas variáveis coletadas. Contudo, dentro desse parâmetro, nota-se uma falta de registro do nível de atividade física dos participantes, o que pode influenciar nos resultados obtidos. Além disso, não é comum encontrar a descrição do grau de comprometimento pela NDP entre os indivíduos, fato que também pode se tornar um parâmetro de confusão na interpretação dos resultados. Alguns poucos estudos relatam apenas o tempo de diagnóstico de DM, porém este pode ser um dado um tanto vago, pois se o enfermo está em tratamento, a progressão da NDP pode ser retardada.

Em síntese, parece que a NDP leva a déficits na amplitude do passo, velocidade e cadência da marcha, em condições normais (terreno plano, linha reta e velocidade constante), além de déficits de equilíbrio e coordenação, em condições especiais (aclives, declives e terrenos irregulares). Além disso, os neuropatas apresentam dificuldade na fase de apoio terminal e pré-balanço devido à alteração de ativação do tríceps sural e contato inicial adequado com o antepé, sem absorção de choques. Pode ser observado, ainda, aumento nos índices de pressão plantar devido à própria patogenia da NDP associada aos mecanismos intrínsecos do descontrole glicêmico, como comprometimento ósseo e tecidual.

Indagações sobre exato mecanismo de quedas e como contribuir para preveni-las, ainda deverão ser alvo de futuras pesquisas. Deve-se buscar, nas próximas pesquisas, correlacionar os fatores relacionados aos riscos de quedas – velocidade e cadência da marcha,

variabilidade e amplitude do passo, relação temporal entre fase de apoio e balanço e acelerometria – pesquisados por grande parte dos autores, com a atividade muscular, bem como, com os picos de pressão plantar nas diversas fases da marcha em condições normais e em condições especiais. Atividades que incluam a prática do cotidiano ou da vida real devem ser inseridas, tanto em simulações para realização de pesquisas, quanto para se traçar estratégias de tratamento, uma vez que se sabe que o padrão de deambulação dos portadores de NDP é dificultado por essas condições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care* 2004;27(5):1047-1053.
2. Gregg EW, Paulose-Ram R, Gu Q, Eberhardt MS, Wolz M, Burt V, et al. Prevalence of Lower-Extremity Disease in the U.S. adult population >40 years of age with and without diabetes. *Diabetes Care* 2004;27(7):1591-1597.
3. Vinik AI, Park TS, Stansberry KB, Pittenger GL. Diabetic neuropathies. *Diabetologia* 2000;43(8):957-973.
4. Boulton AJM, Malik RA, Arezzo JC, Sosenko JM. Diabetic Somatic Neuropathies. *Diabetes Care* 2004;27(6):458-486.
5. Andersen H, Gadeberg PC, Brock B, Jakobsen J. Muscular atrophy in diabetic neuropathy: a stereological magnetic resonance imaging study. *Diabetologia* 1997;40(9):1062-1069.
6. Porciúncula MVP, Rolim LCP, Garofolo L, Ferreira SRG. Análise de fatores associados à ulceração de extremidades em indivíduos diabéticos com neuropatia periférica. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2007;51(7):1134-1142.
7. Giacomozzi C, Caselli A, Macellari V, Giurato L, Lardieri L, Uccioli L. Walking Strategy in Diabetic Patients With Peripheral Neuropathy. *Diabetes Care* 2002;25(8):1451-1457.
8. Sacco ICN, Amadio AC. A study of biomechanical parameters in gait analysis and sensitive cronaxie of diabetic neuropathic patients. *Clin Biomech* 2000;15(3):196-200.
9. Witzket KA, Vinik AI. Diabetic Neuropathy in Older Adults. *Rev Endocr Metab Disord* 2005;6(2):117-127.
10. Freiburger E, Menz HB. Characteristics of falls in physically active community-dwelling older people. *Z Gerontol Geriatr* 2006;39(4):261-267.
11. Hollman JH, Kovash FM, Kubik JJ, Linbo RA. Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. *Gait Posture* 2007;26(1):113-119.
12. Alfieri FM. Distribuição da pressão plantar em idosos após intervenção proprioceptiva. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2008;10(2):137-142.
13. Kanade RV, VanDeursen RWM, Harding K, Price P. Walking performance in people with diabetic neuropathy: benefits and threats. *Diabetologia* 2006;49(8):1747-1754.
14. Gutierrez EM, Helber MD, Dealva D, Ashton-Miller JA, Richardson JK. Mild diabetic neuropathy affects ankle motor function. *Clin Biomech* 2001;16(6):522-828.
15. Wallace C, Reiber GE, LeMaster J, Smith DG, Sullivan K, Hayes S, Vath C. Incidence of falls, risk factors for falls, and fall-related fractures in individuals with diabetes and a prior foot ulcer. *Diabetes Care* 2002;25(11):1983-1986.
16. Maurer MS, Burcham J, Cheng H. Diabetes mellitus is associated with an increased risk of falls in elderly residents of a long-term care facility. *J Gerontol* 2005;60(9):1157-1162.
17. Akashi PMH, Sacco ICN, Watari R, Hennig E. The effect of diabetic neuropathy and previous foot ulceration in EMG and ground reaction forces during gait. *Clin Biomech* 2008;23(5):584-592.
18. D'Ambrogi E, Giacomozzi C, Macellari V, Uccioli L. Abnormal foot function in diabetic patients: the altered onset of Windlass mechanism. *Diabet Med* 2005;22(12):1713-1719.
19. Gates DH, Dingwell JB. Peripheral neuropathy does not alter the fractal dynamics of stride intervals of gait. *J Appl Physiol* 2007;102(3):965-971.
20. Guldmond NA, Leffers P, Schaper NC, Sanders AP, Nieman F, Willems P, Walenkamp GHM. The effects of insole configurations on forefoot plantar pressure and walking convenience in diabetic patients with neuropathic feet. *Clin Biomech* 2007;22(1):81-87.
21. Hsi WL, Chai HM, Lai JS. Evaluation of rocker sole by pressure-time curves in insensate forefoot during gait. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83(7):500-5-6.
22. Kwon OY, Minor SD, Maluf KS, Mueller MJ. Comparison of muscle activity during walking in subjects with and without diabetic neuropathy. *Gait Posture* 2003;18(1):105-113.
23. Menz HB, Lord SR, St George R, Fitzpatrick RC. Walking stability and sensorimotor function older people with diabetic peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85(2):245-252.
24. Petrofsky JS, Lee S, Cuneo ML. Gait characteristics in patients with type 2 diabetes; improvement after administration of rosiglitazone. *Med Sci Monit* 2005;11(6):PI43-P1451.
25. Petrofsky JS, Lee S, Bweir S. Gait characteristics in people with type 2 diabetes mellitus. *Eur J Appl Physiol* 2005;93(5-6):640-647.
26. Richardson JK, Thies SB, DeMott TK, Ashton-Miller JA. Interventions improve gait regularity in patients with peripheral neuropathy while walking on an irregular surface under low light. *A Am Geriatr Soc* 2004;52(4):510-515.
27. Richardson JK, Thies SB, DeMott TK, Ashton-Miller JA. Gait analysis in a challenging environmental differentiates between fallers and nonfallers among older patients with peripheral neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(8):1539-1544.
28. Sacco ICN, Amadio AC. Influence of the diabetic neuropathy on the behavior of electromyographic and sensorial responses in treadmill gait. *Clin Biomech* 2003;18(5):426-434.
29. Turner DE, Helliwell PS, Burton AK, Woodburn J. The relationship between passive range of motion and range of motion during gait and plantar pressure measurements. *Diabet Med* 2007;24(11):1240-1246.
30. Yavuz M, Tajaddini A, Botek G, Davis BL. Temporal characteristics of plantar shear distribution: Relevance to diabetic patients. *J Biomech* 2008;41(3):556-559.
31. Yavuzer G, Yetkin I, Toruner FB, Koca N, Bolukbas N. Gait deviations of patients with diabetes mellitus: looking beyond peripheral neuropathy. *Eura Medico-phys* 2006; 42(2):127-133.

Endereço para correspondência

Marcela Regina de Camargo
Rua José Manoel Fonseca, 97, Vila Euclides,
CEP 19014-050 - Presidente Prudente SP, Brasil
E-mail: amy.marcela@gmail.com