


Alessandra Rezende Martinelli



**A INFLUÊNCIA DOS FATORES SENSÓRIO-MOTORES E DA
MOBILIDADE ARTICULAR DO TORNOZELO NO
CONTROLE POSTURAL E MARCHA DE NEUROPATAS
DIABÉTICOS**

Presidente Prudente

2010

Alessandra Rezende Martinelli

A INFLUÊNCIA DOS FATORES SENSÓRIO-MOTORES E DA MOBILIDADE ARTICULAR DO TORNOZELO NO CONTROLE POSTURAL E MARCHA DE NEUROPATAS DIABÉTICOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT/UNESP, campus de Presidente Prudente, para obtenção do título de Mestre no programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristina Elena Prado Teles Fregonesi.

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Dalva Minonroze Albuquerque Ferreira.

Presidente Prudente

2010

Martinelli, Alessandra Rezende.
M335i A influência dos fatores sensório-motores e da mobilidade articular do tornozelo no controle postural e marcha de neuropatas diabéticos / Alessandra Rezende Martinelli.- Presidente Prudente : [s.n], 2010
74 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Orientador: Cristina Elana Prado Teles Fregonesi

Co-Orientador: Dalva Minonroze Albuquerque Ferreira

Banca: José Angelo Barela ; Eliane Ferrari Chagas

Inclui bibliografia

1. Fisioterapia. 2. Diabetes Mellitus. 3. Marcha. 4. Estabilidade Postural. I. Autor. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

CDD 615.8

BANCA EXAMINADORA

PROFA. DRA. CRISTINA ELENA PRADO TELES FREGONESI
(ORIENTADOR)

PROFA. DRA. ELIANE FERRARI CHAGAS
(FCT/UNESP)

PROF. DR. JOSÉ ANGELO BARELA
(UNICSUL)

ALESSANDRA REZENDE MARTINELLI

PRESIDENTE PRUDENTE (SP), 25 DE NOVEMBRO DE 2010.

RESULTADO: ARROVADA

-Dedicatória-

A Deus, sempre presente em minha vida.

À toda minha família, em especial aos meus pais e meu irmão, que sem medir esforços me deram incentivo e apoio e que nunca deixaram faltar o amor.

À minha orientadora, fundamental na concretização desta conquista.

-Agradecimentos-

“A gratidão é uma forma singular de reconhecimento e o reconhecimento é uma forma sincera de gratidão”

A Deus, por guiar e conduzir meu caminho, tornando sonhos, realidade .

À minha orientadora Profa. Dra. Cristina, por partilhar o saber, ensinar com paciência e dedicação e contribuir para o meu crescimento profissional, com suas valiosas considerações, constante disponibilidade e incomparável competência. A você, Cris, agradeço a amizade, tornando especiais cada momento que percorremos juntas.

À minha co-orientadora Profa. Dra. Dalva, pelas horas incansáveis que disponibilizou a ajudar e por me fazer acreditar que transpor obstáculos era necessário e valeria à pena. Muito obrigada por sua amizade.

Aos meus pais, Lucinéia e Junior, por lutarem pela concretização dos meus objetivos e por me darem o alicerce que edificou minha vida, com base no amor, na dignidade e na sabedoria.

Ao meu irmão Lucas, minha fonte de motivação, agradeço pelo carinho e amor imensurável.

Aos meus avôs Maria de Lourdes e Antonio, por solidificarem ensinamentos capazes de reestruturar meus sentimentos e dar um sentido maior à minha luta.

As minhas amigas do laboratório, Andrea, Leka, Ana Cláudia e Marcela, por toda a colaboração prestada, fomentando discussões e idéias na construção e concretização deste projeto. Obrigada pela amizade conquistada, pelas alegrias compartilhadas e pelos incansáveis conselhos que permitiram a superação.

À minha amiga AnaK, por sua presença insubstituível ao longo deste trajeto que percorremos e que juntas conseguimos vencer, compartilhando os momentos mais importantes da minha vida.

À minha amiga Lika, pelos incontáveis conselhos e compreensão em todos os momentos. Por ter auxiliado na minha formação, não apenas acadêmica, mas como ser humano.

À Profa. Dra. Edna, por sua presença constante. Obrigada por ter confiado e acreditado em mim.

Aos Professores do Depto. de Fisioterapia da FCT/UNESP por todo o conhecimento transmitido ao longo de todos estes anos.

Aos Professores Doutores Ruben e Eliane que compuseram a banca de meu exame de qualificação, pelas considerações e ricas sugestões que possibilitaram a melhoria deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Barela, agradeço por todo o auxílio durante meu mestrado, pela disponibilidade e contribuição para a conclusão desta pesquisa. Em nome do LECFisio, nosso muito obrigado.

Aos participantes deste estudo, minha sincera gratidão e reconhecimento e que os resultados deste trabalho possam trazer benefícios futuros.

Muito Obrigada!

-Epígrafe-

“O futuro não é o lugar para onde estamos indo, mas o lugar que estamos criando.

*O caminho para ele não é encontrado, mas construído,
e o ato de fazê-lo muda tanto a realidade quanto o destino”.*

(John Schaar)

-Sumário-

SUMÁRIO

Apresentação.....	13
Introdução.....	15
Artigo I: Força muscular e mobilidade do tornozelo nos parâmetros da marcha em neuropatas diabéticos.....	20
Artigo II: Instabilidade postural decorrente da perda de sensibilidade tátil e da força muscular na neuropatia diabética periférica.....	40
Conclusões.....	58
Referências Bibliográficas.....	61
Anexo I.....	66
Anexo II	71

-Apresentação-

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação é composta de uma introdução e de dois artigos científicos, originados de pesquisas realizadas no Laboratório de Estudos Clínicos em Fisioterapia (LECFisio) do Departamento de Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – Campus Presidente Prudente. Em consonância com as regras do Programa de Pós-graduação em Fisioterapia desta instituição, os artigos foram redigidos de acordo com as normas dos periódicos *Diabetes Research and Clinical Practice* (anexo 1) e *Arquivo de Neuro-Psiquiatria* (anexo 2).

- *Artigo I:* Martinelli AR, Ferreira DMA, Fregonesi CEPT. Força muscular e mobilidade do tornozelo nos parâmetros da marcha em neuropatas diabéticos. A ser submetido no periódico: *Diabetes Research and Clinical Practice* (ISSN. 0168-8227).
- *Artigo II:* Martinelli AR, Ferreira DMA, Fregonesi CEPT. Instabilidade postural decorrente da perda de sensibilidade tátil e da força muscular na neuropatia diabética periférica. A ser submetido no periódico: *Arquivo de Neuro-Psiquiatria* (ISSN 0004- 282x).

-Introdução-

INTRODUÇÃO

O Diabetes *Mellitus* (DM) é um grupo heterogêneo de distúrbios caracterizados por elevação da glicose sanguínea, resultante de uma diminuição da capacidade corpórea em responder à insulina e/ou de uma redução ou até ausência da insulina produzida pelas células β -pancreáticas, levando a alterações no metabolismo de carboidratos, gorduras e proteínas ⁽¹⁾.

Estima-se que cerca de 194 milhões de pessoas entre 20 e 79 anos sofram de diabetes ⁽²⁾, com uma população mundial prevista para o ano de 2030 em 366 milhões ⁽³⁾. Os dados da Organização Mundial de Saúde mostram que o Brasil é o sexto país do mundo em número de pessoas acometidas, com aproximadamente 6 milhões de diabéticos.

Neste contexto o DM passou a ser considerado um problema de saúde universal, de proporções endêmicas, afetando países em todos os estágios do desenvolvimento ⁽⁴⁾ e a população de todas as classes sócio-econômicas, com elevada taxa de morbimortalidade, decorrente, principalmente, das diversas complicações crônicas que o acompanham ⁽⁵⁾. Estimativas demonstraram que o DM e as conseqüências desta enfermidade foram responsáveis por um número total de 7,5 milhões de óbitos, no ano de 2000 ⁽⁵⁾.

Muitos órgãos e sistemas do corpo podem ser afetados pelo diabetes, o que ao longo do tempo, implica em sérias complicações, classificadas em microvasculares, que incluem danos no sistema nervoso (neuropatia), sistema renal (nefropatia) e olhos (retinopatia), e as macrovasculares, representadas pelas doenças cardiovasculares, acidente vascular cerebral e doença vascular periférica ⁽⁶⁾.

Em relação às suas complicações crônicas, os membros inferiores sofrem acometimentos nervosos, que associados com danos vasculares, levam a perdas sensitivas e comprometimento motor. Desta forma, o chamado “pé diabético”, de etiologia multifatorial, é caracterizado por uma variedade de anormalidades resultante da combinação da neuropatia e vasculopatia e constitui a causa mais frequente de complicações ^(7,8).

A neuropatia diabética periférica é a mais frequente entre as complicações crônicas associadas ao DM, afetando aproximadamente 50% dos pacientes diabéticos, dez anos após o seu diagnóstico ⁽⁹⁾, dependendo dos diferentes critérios e métodos de avaliação que a definem e da população envolvida ^(10,11). Trata-se de um transtorno heterogêneo que engloba uma ampla gama de anormalidades, acometendo nervos periféricos sensitivos e motores, proximais e distais, bem como o sistema nervoso autônomo, e seus sinais variam de manifestações clínicas a subclínicas ^(11,12).

Com a progressão da neuropatia diabética, pode ser observada fraqueza muscular ⁽¹³⁾ associada a alteração da função dos mecanorreceptores articulares do tornozelo e, assim, uma deficiência proprioceptiva de movimento ocorre nesta articulação, podendo prejudicar o controle postural e a marcha de neuropatas diabéticos, sendo estes danos até três vezes maiores nesta população ⁽¹⁴⁾.

Na presença do diabetes, há um quadro de hiperglicemia crônica, que também merece atenção nas alterações dos padrões da marcha. Este promove uma glicosilação não enzimática de proteínas que irão repercutir em múltiplos sistemas do organismo ^(15,16), principalmente, em estruturas diretamente envolvidas no desenvolvimento fisiológico da marcha, como o espessamento anormal da fásia

plantar e do tendão calcâneo ⁽¹⁷⁾, levando, desta forma, a um déficit na amplitude de movimento (ADM) ⁽¹⁸⁻²⁰⁾.

Estudos têm demonstrado a restrição da mobilidade do complexo tornozelo-pé diante a progressão do diabetes, com uma tendência geral na redução dos movimentos de flexão e extensão ^(21,22), principalmente, uma maior resistência à dorsiflexão de tornozelo na fase de apoio do ciclo da marcha ⁽²³⁾. A abordagem de quantificar a restrição de movimento durante a marcha, por meio de análise tridimensional, é descrita na literatura e tem a finalidade de investigar as principais complicações sensoriais e motoras nos membros inferiores decorrentes da neuropatia diabética ⁽²⁴⁾.

O ato de andar requer alta complexidade do sistema sensório-motor, e está intimamente relacionado com fatores intrínsecos e extrínsecos, que podem sofrer prejuízos, como danos do sistema musculoesquelético e sensorial, alterando os parâmetros da marcha ⁽²⁵⁾.

As modificações das informações sensoriais e da ação motora ^(26,27), presentes na NDP, promovem prejuízos na interação equilibrada e coordenada de ações musculares, neurais e, ainda, mecânicas ⁽²⁸⁾, fundamentais para o desenvolvimento adequado da locomoção e do controle postural estático e dinâmico. Ainda, uma lesão do sistema somatossensitivo, assim como em qualquer outro sistema sensorial, causa consequência negativa sobre a marcha, podendo alterar desde o movimento dos membros até a distribuição de pressão sobre os pés ⁽²⁹⁾.

Neste sentido, a análise e a classificação dos parâmetros da marcha, da manutenção da postura estática e do equilíbrio dinâmico, em diabéticos neuropatas, é uma ferramenta importante na identificação das complicações da doença para o sistema neuro-sensório-motor e musculoesquelético ^(30,31).

Embora as alterações encontradas na marcha e no controle postural em neuropatas diabéticos sejam evidenciadas em alguns estudos ⁽³²⁻³⁴⁾, são poucos os que demonstram uma relação global dos fatores desencadeantes dos desequilíbrios posturais e das anormalidades da marcha. Além disso, a associação destes fatores permite a identificação precoce das complicações decorrentes da NDP, objetivando medidas preventivas para uma melhora da qualidade de vida e maior funcionalidade destes indivíduos.

Contudo, o objetivo do presente estudo foi caracterizar as principais alterações funcionais do complexo tornozelo-pé, como a perda de força muscular e restrição de mobilidade do tornozelo e, também, identificar o comprometimento sensitivo tátil dos pés em indivíduos com neuropatia diabética. Estas variáveis foram relacionadas aos parâmetros da marcha e ao equilíbrio postural estático e dinâmico, em populações distintas, com a finalidade de investigar os possíveis fatores que levam as complicações da NDP.

-Artigo I-

Força muscular e mobilidade do tornozelo nos parâmetros da marcha em neuropatas diabéticos

Alessandra Rezende MARTINELLI¹, Dalva Minonroze Albuquerque FERREIRA², Cristina Elena Prado Teles FREGONESI³.

¹ Graduada em Fisioterapia; Discente de Pós-Graduação Strictu Sensu do Curso de Fisioterapia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP – Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, Departamento de Fisioterapia.

² Profa. Dra. da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP – Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, Departamento de Fisioterapia.

³ Profa. Dra. de Pós-Graduação em Fisioterapia, Laboratório de Estudos Clínicos em Fisioterapia (LECFisio), Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP – Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

Correspondência para autor.

¹Departamento de Fisioterapia, Laboratório de Estudos Clínicos em Fisioterapia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil.

email: lerezendemartinelli@yahoo.com.br (A.R. Martinelli)

Resumo

Objetivo: Avaliar os parâmetros espaço temporais da marcha, as variáveis angulares do tornozelo e a componente força muscular isométrica do tornozelo em indivíduos com neuropatia diabética periférica (NDP). Ainda, verificar a relação destas variáveis, força muscular e mobilidade, com os parâmetros da marcha.

Métodos: Participaram do estudo 25 indivíduos do grupo neuropata diabético e 27 do grupo controle. A avaliação das variáveis da marcha foi realizada por uma pista de marcha (FootWalk-Pro, França) e a mobilidade e força muscular isométrica do tornozelo foram mensuradas por meio de cinemetria e dinamometria, respectivamente. **Resultados:** No grupo GND foi observado comprometimento dos parâmetros da marcha, com menor comprimento da passada e velocidade do ciclo e, ainda, maior duração do período de apoio. Foi verificada alteração funcional do tornozelo, com restrição da mobilidade de dorsiflexão e aumento da plantiflexão do tornozelo e, também, redução da força muscular dos dorsiflexores e plantiflexores. Houve uma relação significativa, principalmente, entre a força muscular dos plantiflexores e o comprimento e a velocidade do ciclo. A análise de regressão revelou que a força muscular dos plantiflexores e dorsiflexores e, ainda, a amplitude de movimento de dorsiflexão foram consideradas preditoras nas alterações da marcha. **Conclusões:** As variáveis analisadas do tornozelo, força muscular e mobilidade de tornozelo, puderam explicar alterações na velocidade e na amplitude da marcha de indivíduos com NDP, possibilitando nortear estratégias preventivas.

Palavras-chave: Diabetes *Mellitus*, Força Muscular, Mobilidade Articular, Cinemática, Marcha.

Introdução

O Diabetes *Mellitus* (DM) é considerado um problema mundial de saúde, com elevada taxa de morbidade e mortalidade, decorrente, principalmente, das diversas complicações crônicas que o acompanham [1,2,3]. Dentre elas, a neuropatia diabética periférica (NDP) é a mais frequente, presente em aproximadamente 50% dos casos, levando a déficits sensoriais e motores [4,5].

Como consequências dessas alterações, podem ocorrer redução do pico de força muscular [6] e alterações na atividade muscular durante a deambulação, principalmente do grupo plantiflexor de tornozelo [7,8]. A fraqueza e atrofia muscular, juntamente com alterações fisiológicas no tecido conjuntivo e rigidez à movimentação passiva, presentes na NDP, podem causar redução da amplitude de movimento (ADM) dos pés e tornozelos e, em situações mais agudas, deformidades estruturais dos pés [6,9-11]. Essas alterações, somadas ao déficit de informações sensitivas, repercutem, negativamente, na deambulação e no equilíbrio desses indivíduos [12,13]. Contudo, isso não é consenso, Turner *et al.* [14] não observaram restrição na mobilidade do tornozelo em neuropatas diabéticos, durante a marcha.

Análises dos parâmetros da marcha são imprescindíveis para melhor compreensão dos danos decorrentes da NDP [12]. Estudos vêm demonstrando reduções na qualidade dos parâmetros espaço temporais da marcha, principalmente na diminuição da velocidade, maior duração no período de apoio e menor amplitude do ciclo da marcha [13,15,16]. Em contrapartida, alguns autores não encontraram diferenças significantes em algumas das alterações da marcha entre os indivíduos com neuropatia diabética e indivíduos sem tal comprometimento [17].

Ademais, os parâmetros espaço temporais da marcha, influenciados pelas complicações crônicas do diabetes, geralmente, são estudados de forma isolada e

com métodos distintos de avaliação, sendo os fatores desencadeantes das anormalidades do andar, ainda obscuros na literatura [15]. Mais importante, entretanto, é que quando identificados precocemente, podem ampliar subsídios para prevenção da evolução da patologia, evitando, desta forma, maiores prejuízos na marcha e nas atividades funcionais cotidianas.

Diante do exposto, o presente estudo analisou os parâmetros espaço-temporais durante a deambulação, bem como a mobilidade articular e força muscular isométrica ao redor da articulação do tornozelo em pacientes diabéticos neuropatas periféricos.

Material e Métodos

Sujeitos

Participaram do estudo 52 indivíduos, que formaram um grupo controle (GC) (n=27) e um grupo neuropata diabético (GND) (n=25), com diagnóstico médico de DM tipo 2. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição local (Protocolo nº 21/2009) e todos os indivíduos que aceitaram a participar, assinaram um termo de consentimento, após informações esclarecidas.

Para inclusão dos indivíduos no GND, foram considerados pontuação ≥ 8 no *Michigan Neuropathy Screening Instrument* (MNSI) [18-20], e insensibilidade ao monofilamento Semmes-Weinstein de 10g, em pelo menos duas áreas plantares testadas [21]. Foram excluídos indivíduos com presença de deformidades osteoarticulares; doença musculoesquelética com restrição da mobilidade articular; presença de úlceras plantares; amputação de membros inferiores e realização de marcha com auxílio de dispositivos.

Procedimentos

A avaliação dos parâmetros espaço temporais da marcha foi realizada por meio de uma pista de marcha (*FootWalk Pro*, AM CUBE, França), com frequência de amostragem de 200 Hz, com auxílio do *software FootWork Pro* (*IST Informatique - Intelligence Service et Technique*, França), versão 3.2.0.1. Anteriormente ao registro dos dados, cada participante foi orientado a deambular por uma passarela (8,0m) em velocidade habitual auto-selecionada, e, posteriormente, a aquisição dos dados ocorreu apenas na área útil da plataforma (2,0m). Foram registrados seis ciclos completos de marcha, sendo estes definidos pelo contato do calcanhar esquerdo na área útil da plataforma até o próximo contato do calcanhar homolateral. Com isto, foi possível calcular os parâmetros da marcha: comprimento da passada, tempo total do ciclo (intervalo compreendido entre o choque dos calcanhares homolaterais), velocidade (relação comprimento e tempo total da passada), cadência (passos/segundo) e período de apoio total referente ao membro esquerdo (segundos). Para análise das variáveis foi utilizada a média dos dados referentes a três ciclos completos da marcha.

A variação angular da articulação do tornozelo foi analisada por meio de cinematria [14], com duas câmeras filmadoras, com frequência de amostragem de 60 Hz, e marcadores reflexivos fixados em pontos anatômicos dos participantes (cabeça do quinto metatarso, maléolo lateral e cabeça da fíbula). Precedendo as avaliações, foi realizada a filmagem de um sistema de calibração de referência tridimensional, com 12 pontos de controle e volume de 2,00x0,86x0,42m (comprimento, altura e profundidade). As filmagens das duas câmeras foram sincronizadas por um LED, acionado, manualmente, no momento em que o participante realizasse o contato inicial do calcanhar na área útil da plataforma.

As imagens foram transferidas para um computador e assim, foram selecionados trechos correspondentes a três ciclos completos da marcha e à posição estática, para valores de referência da articulação do tornozelo, de cada indivíduo, por meio do *software Ariel Performance Analysis System (APAS, versão 1.4)*. Após a digitalização dos marcadores, suas coordenadas foram transformadas em imagens 3D (DLT, *Direct Linear Transformation*) e os dados foram filtrados por meio de filtro digital *Butterworth* de 4ª ordem, passa-baixa com frequência de corte de 5 Hz. Os valores angulares obtidos durante a marcha foram normalizados temporalmente de 0 a 100% do ciclo da marcha, por meio de uma rotina gerada pelo programa Matlab 7.8.0. Posteriormente para obtenção da curva de variação angular do tornozelo, a média dos valores angulares da captura estática, de cada participante, foi subtraída dos ângulos do ciclo da marcha, sendo identificados os valores máximos e mínimos de cada tentativa, correspondentes, respectivamente, aos valores de dorsiflexão e plantiflexão de tornozelo.

Finalmente, a mensuração da força muscular isométrica de dorsiflexores e plantiflexores de tornozelo foi realizada por meio de um dinamômetro portátil (modelo DD-300 Instrutherm, São Paulo, Brasil). Para padronização da avaliação, a célula de carga do dinamômetro, desacoplada da unidade principal, foi conectada a um equipamento confeccionado para estabilização da articulação do tornozelo, permitindo a mensuração da força isométrica. Na mensuração da força muscular do grupo dorsiflexor do tornozelo, foram estabilizadas as articulações metatarsofalângicas e no grupo plantiflexor, a extremidade distal do fêmur dos participantes [22]. Posteriormente, foi solicitado ao indivíduo que realizasse três contrações isométricas máximas, para cada grupo muscular, em cada um dos

membros inferiores, com intervalo de 60s, sendo os picos de força registrados pelo dinamômetro (Kg) e utilizada a média entre eles.

Análise estatística

A estatística descritiva para caracterização da amostra foi expressa em médias e desvios padrão. Todas as variáveis preencheram os critérios de normalidade e homogeneidade.

Foram utilizadas análises de multivariância (MANOVAs) 2x2 (grupo e gênero), para análises dos parâmetros espaço temporais da marcha, com as respectivas variáveis dependentes: comprimento de passada, tempo total do ciclo, velocidade e cadência e período de apoio total.

Uma MANOVA 2x2 para análise da amplitude de movimento (ADM) foi utilizada, tendo como fatores grupo e dominância, sendo esse último tratado como medida repetida. As variáveis dependentes foram a ADM de dorsiflexão e de plantiflexão do tornozelo, para o lado dominante e não dominante.

Para os parâmetros da força isométrica máxima dos músculos plantiflexores e dorsiflexores do tornozelo, foi realizada uma MANOVA 2x2x2, tendo como fatores grupo, gênero e dominância, sendo este último fator tratado como medida repetida.

Posteriormente, para discriminação das diferenças das respectivas variáveis, testes de univariância (ANOVAs) foram utilizados. O teste de correlação de Pearson buscou associação entre as variáveis. Foi realizada a análise de regressão múltipla – método da eliminação (*backward*), para identificação de variáveis preditoras dos déficits dos parâmetros espaço temporais da marcha. O tratamento estatístico foi realizado pelo SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*, versão 17.0) e o nível de significância de 5% foi utilizado após apropriado teste de normalidade.

Resultados

Os dois grupos foram semelhantes quanto à idade ($64,48 \pm 6,21$ anos de idade - GC e $62,4 \pm 8,36$ anos de idade - GND, $p=0,311$), mas foi demonstrado diferença no índice de massa corpórea (IMC) entre os grupos, com maior valor para o GND quando comparado ao GC ($25,85 \pm 3,53$ - GC; $29,16 \pm 5,07$ - GND, $p<0,005$). Todos os participantes diabéticos neuropatas apresentaram DM tipo 2, com nível glicêmico pós-prandial significativamente mais elevado ($113,74 \pm 11,99$ - GC e $170,2 \pm 67,56$ - GND, $p<0,001$).

Para os parâmetros espaço temporais da marcha, a MANOVA demonstrou diferenças significantes entre os grupos, *Wilks' Lambda*=0,807, $F(4,45)=2,683$, $p<0,05$. Análises univariadas revelaram diferença para as variáveis comprimento da passada, $F(1,48)=10,997$, $p<0,005$, velocidade do ciclo, $F(1,48)=8,260$, $p<0,01$ e duração do período de apoio total da marcha $F(1,50)=6,604$, $p<0,05$, sendo que os participantes do GND apresentou comprimento e velocidade menores e maior duração no período de apoio do que participantes do GC (Tabela 1).

Tabela 1 – Média±Desvio-padrão e p-valor das variáveis da marcha avaliadas nos grupos controle (GC) e neuropata diabético (GDN): comprimento da passada; tempo total do ciclo; velocidade; cadência da marcha e duração do período de apoio total.

Variáveis/Teste	GC	GND	p-valor
Comprimento Passada (m)	1,14±0,12	1,04±0,13	<0,005*
Tempo Ciclo (s)	1,13±0,14	1,19±0,13	0,167
Velocidade (m/s)	1,03±0,18	0,89±0,16	<0,01*
Cadência (passos/s)	1,79±0,22	1,70±0,19	0,156
Apoio Total (s)	0,70±0,10	0,77±0,11	<0,05*

A Figura 1 apresenta séries temporais da variação angular do tornozelo para os grupos controle e GND ao longo do ciclo da marcha., sendo possível verificar,

qualitativamente, padrões angulares similares no ciclo completo da marcha para o membro dominante e não dominante. Entretanto, pode ser observada diferença quando o GND é comparado com o GC. Durante o período de apoio, no contato inicial do calcanhar, pode-se observar menor dorsiflexão de tornozelo entre os neuropatas, seguido de um antecipado aplainamento do pé. Assim, a plantiflexão aconteceu precocemente, antes dos 20% iniciais do ciclo, perdurando por mais tempo. Por conseguinte, a dorsiflexão da fase de balanço apresentou menor amplitude e duração nos pacientes do GND do que nos participantes do GC.

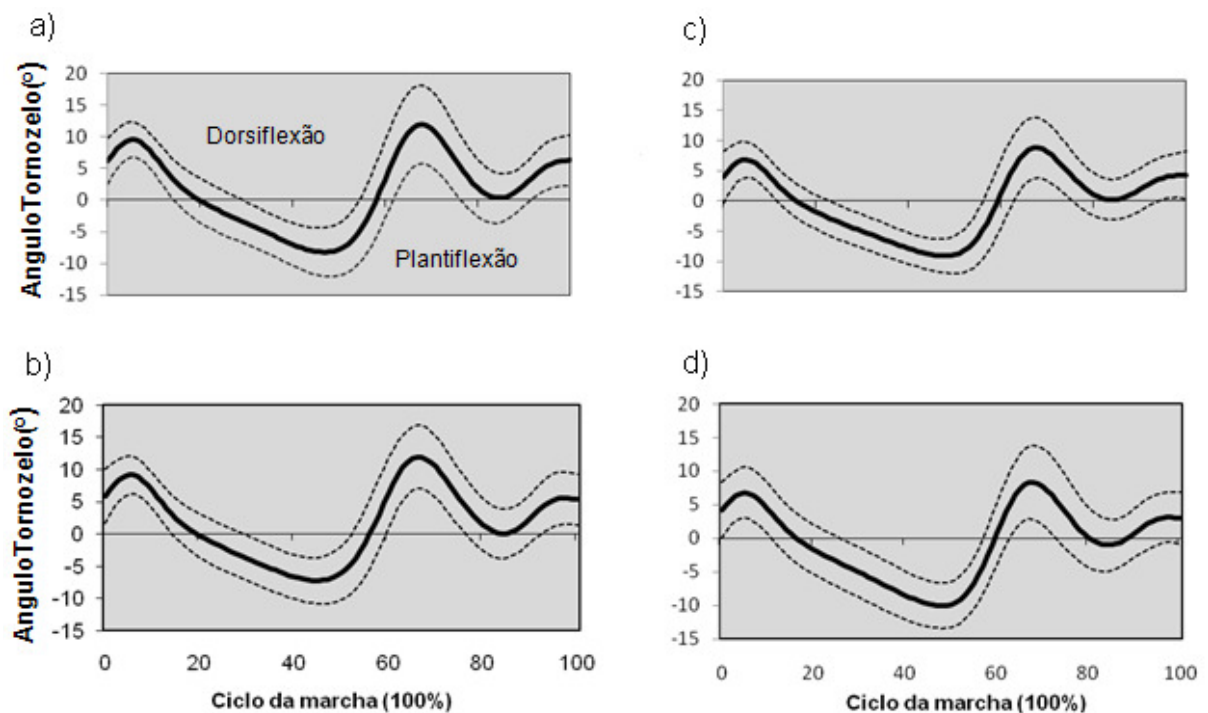


Figura 1 – Média (\pm desvio padrão) da variação angular do tornozelo dominante (a) e não-dominante (b) para o grupo controle (GC) e do tornozelo dominante (c) e não-dominante (d) para o grupo neuropata diabético (GND) ao longo do ciclo da passada.

Na avaliação da ADM do tornozelo, a MANOVA demonstrou diferença apenas entre os grupos, $Wilks' \Lambda = 0,834$, $F(2,49) = 4,886$, $p < 0,05$, sendo evidenciado pela ANOVA valores angulares de dorsiflexão menores e maior amplitude de plantiflexão, para o grupo GND (Tabela 2).

Tabela 2 – Média \pm Desvio padrão da amplitude de movimento (ADM) de dorsiflexão e plantiflexão do tornozelo (graus), entre os grupos controle (GC) e neuropata diabético (GND).

Variável	GC	GND	ANOVA (p-valor)
ADM Dorsiflexão_D	13,34 \pm 4,34	10,06 \pm 4,03	F(1,50)=9,495 (p<0,005*)
ADM Dorsiflexão_ND	12,76 \pm 3,99	9,56 \pm 4,50	F(1,50)=9,495 (p<0,005*)
ADM Plantiflexão_D	- 8,66 \pm 3,63	- 9,74 \pm 2,33	F(1,50)=6,318 (p<0,05*)
ADM Plantiflexão_ND	- 7,72 \pm 3,34	- 10,46 \pm 2,91	F(1,50)=6,318 (p<0,05*)

* estatisticamente significativa

Em relação à força muscular, a MANOVA apontou diferença para grupo, *Wilks' Lambda*=0,629, F(2,47)=13,882, p<0,001, gênero, *Wilks' Lambda*=0,564, F(2,47)=18,193, p<0,001 e dominância dos membros, *Wilks' Lambda*=0,736, F(2,47)=8,426, p<0,001 e, ainda, interação entre dominância e grupo *Wilks' Lambda*=0,805, F(2,47)=5,688, p<0,01. Análises univariadas para dominância dos membros revelaram diferença tanto para o grupo muscular dorsiflexor, F(1,48)=5,280, p<0,05, quanto para o grupo muscular plantiflexor de tornozelo, F(1,48)=14,156, p<0,001, com o lado dominante produzindo maior força do que o lado não-dominante (Tabela 3).

Tabela 3 – Média \pm Desvio padrão da força muscular isométrica dos dorsiflexores e plantiflexores dominantes e não dominantes de tornozelo (Kg) entre os grupos, controle (GC) e neuropata (GND) e entre os gêneros, masculino e feminino.

Grupo Muscular		Co-variáveis		p-valor (ANOVA)
Dorsiflexores dominantes	Gênero	Masculino	Feminino	$(\leq 0,001^*)$
		9,35 \pm 3,37	6,57 \pm 2,26	
	Grupo	GC	GND	$(\leq 0,001^*)$
		8,91 \pm 3,30	6,50 \pm 2,30	
Dorsiflexores não-dominantes	Gênero	Masculino	Feminino	$(\leq 0,001^*)$
		8,64 \pm 2,32	5,91 \pm 2,09	
	Grupo	GC	GND	$(\leq 0,001^*)$
		7,50 \pm 2,11	6,60 \pm 2,95	
Plantiflexores dominantes	Gênero	Masculino	Feminino	$(\leq 0,001^*)$
		22,37 \pm 6,32	15,81 \pm 6,50	
	Grupo	GC	GND	$(\leq 0,001^*)$
		21,83 \pm 6,38	15,08 \pm 6,34	
Plantiflexores não-dominantes	Gênero	Masculino	Feminino	$(\leq 0,001^*)$
		26,39 \pm 10,59	16,88 \pm 8,44	
	Grupo	GC	GND	$(\leq 0,001^*)$
		25,59 \pm 9,26	15,85 \pm 9,36	

* estatisticamente significante

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de regressão múltipla para as variáveis comprimento da passada e velocidade do ciclo, relacionadas com os componentes força muscular e mobilidade de tornozelo.

Tabela 4 – Análise de Regressão Múltipla entre as variáveis da marcha e do complexo do tornozelo, força muscular (FM) e amplitude de movimento (ADM).

Variáveis	FM Coeficiente (p-valor)	ADM Coeficiente (p-valor)
	Plantiflexores+	
Comprimento da	Dorsiflexores D	Dorsiflexão_D
Passada	R=0,731 (p<0,001*)	R=0,402 (p<0,005*)
Velocidade do	Plantiflexores_D	Dorsiflexão_D
Ciclo	R=0,508 (p<0,001*)	R=0,326 (p<0,05*)

* estatisticamente significativa

Pela correlação de Pearson, foi observada correlação positiva entre força muscular de dorsiflexores (dominante e não dominante) e comprimento da passada (respectivamente, $R=0,609$, $p\leq 0,001$; $R=0,452$, $p\leq 0,001$) e dos dorsiflexores do lado dominante com a velocidade ($R=0,396$, $p<0,05$). As variáveis, força muscular dos plantiflexores, dominante e não dominante, respectivamente, apresentaram uma relação positiva com o comprimento da passada ($R=0,708$, $p<0,001$; $R=0,508$, $p<0,001$) e com a velocidade ($R=0,508$, $p<0,001$; $0,473$, $p<0,001$). Ainda, a variável ADM de dorsiflexão do tornozelo dominante apresentou relação positiva com comprimento da passada ($R=0,473$, $p<0,001$) e velocidade ($R=0,326$, $p<0,05$).

Discussão

De acordo com os procedimentos metodológicos realizados neste estudo, foi possível demonstrar que indivíduos com neuropatia diabética apresentam alterações no padrão da marcha, com menor velocidade e passos mais curtos, estando estes

associados com redução de força muscular isométrica dos plantiflexores e dorsiflexores de tornozelo. Ainda foi possível verificar que pacientes com neuropatia diabética periférica apresentam redução da mobilidade articular de tornozelo durante a deambulação. Alguns estudos vêm demonstrando déficit muscular, diretamente relacionado com a degeneração da condução nervosa na NDP [6,9-11], podendo resultar em restrição da mobilidade articular do tornozelo, com prejuízo no padrão fisiológico da marcha [23].

Os principais parâmetros da marcha em indivíduos com NDP, em decorrência do comprometimento do sistema sensório-motor, têm sido demonstrados em diversos estudos [13,24,25]. Segundo Mueller *et al.* [26], esses indivíduos são incapazes de gerar momentos articulares suficientes do tornozelo, com conseqüente diminuição da função dinâmica durante a marcha e, assim, menor comprimento de passo e passada, redução da velocidade e cadência da marcha. No presente estudo, foram encontrados prejuízos nos parâmetros da marcha no GND, quando orientados a deambular em velocidade confortável, com redução da velocidade, menor comprimento da passada e maior duração do período de apoio, concordando com os achados na literatura [26]. Ademais, nestes indivíduos, não foram encontradas alterações na cadência e na duração do ciclo da marcha, como também evidenciado no estudo de Courtemanche *et al.* [15], com neuropatas diabéticos, avaliados por meio de uma plataforma específica para análise de marcha.

Os resultados apresentados demonstraram alterações na mobilidade do tornozelo no ciclo da marcha. Durante o período de apoio, no contato inicial do calcanhar, foi encontrada uma menor dorsiflexão de tornozelo nos neuropatas diabéticos, seguido de um antecipado aplainamento do pé. Assim, a plantiflexão acontece precocemente, antes dos 20% iniciais do ciclo, perdurando por mais

tempo. Por conseguinte, a dorsiflexão da fase de balanço apresenta menor amplitude e duração. Sacco *et al.* [23], em estudo com indivíduos neuropatas diabéticos, demonstraram uma redução da ADM ativa de tornozelo, principalmente, no movimento de dorsiflexão durante o choque de calcanhar, na fase de apoio da marcha, concordando com outros autores, que relataram redução de dorsiflexão de tornozelo, com comprometimento funcional na deambulação [27,28].

Adicionalmente, no presente estudo foi encontrado um aumento significativo do movimento de plantiflexão durante a marcha dos indivíduos neuropatas diabéticos, acreditando ser esse aumento resultante da diminuição da contração excêntrica dos músculos dorsiflexores, durante a oscilação do membro. Assim, os resultados apresentados indicam que a força muscular seja a responsável pela alteração na mobilidade de tornozelo.

Em consonância às alterações na mobilidade articular de tornozelo, no presente estudo, foi demonstrada uma redução na força muscular isométrica de tornozelo e restrição da mobilidade em diabéticos neuropatas, indicando que a fraqueza dos músculos dorsiflexores e plantiflexores de tornozelo estava associada ao comprometimento do padrão fisiológico da marcha nestes indivíduos.

A redução no desempenho motor, principalmente dos plantiflexores, está associada a alterações no padrão de marcha, em concordância com Akashi *et al.* [7], em estudo eletromiográfico realizado em indivíduos com NDP, que evidenciaram alterações na atividade muscular dos plantiflexores durante a fase de apoio da marcha, com déficit no tempo de ativação do músculo gastrocnêmio lateral. Ainda, Kwon *et al.* [8] demonstraram uma ativação antecipada dos músculos sóleo e gastrocnêmio medial na população com neuropatia diabética. Diante do exposto, estas alterações na atividade muscular do tríceps sural, podem levar indivíduos com

NDP a adotarem um padrão de marcha mais conservador, com maior tempo no período de apoio e conseqüentemente menor velocidade na deambulação, como evidenciado no presente estudo.

Ainda, os comprometimentos do complexo do tornozelo, observados no presente estudo, foram também associados às alterações no padrão fisiológico da marcha, por meio de correlação de Pearson, demonstrando que a força muscular dos plantiflexores e dorsiflexores estão relacionadas com a redução do comprimento da passada e da velocidade de deslocamento durante a realização da marcha. Os resultados encontrados neste estudo corroboram os resultados observados no estudo de MacGilchrist *et al.* [29], no qual encontraram em indivíduos com DM com risco a queda, menor força muscular de tornozelo, menor velocidade e passos mais curtos, demonstrando que a redução da força muscular estava fortemente correlacionada com a menor velocidade da marcha ($R=0,557$, $p<0,001$). Entretanto, estes autores não compararam tais resultados com um grupo controle, como realizado no presente estudo.

Ademais, a análise de regressão múltipla permitiu verificar que déficits de força muscular, principalmente dos plantiflexores e a restrição da mobilidade de dorsiflexão de tornozelo puderam predizer prejuízos no comprimento da passada e velocidade do ciclo da marcha. Assim, os achados deste estudo permitem a compreensão dos fatores desencadeantes do comprometimento do padrão fisiológico da marcha em indivíduos com neuropatia diabética.

Embora o foco deste estudo tenha sido a articulação do tornozelo, a avaliação da extremidade inferior na sua totalidade deve ser considerada para restauração do padrão fisiológico da marcha nestes indivíduos, prevenindo, assim, maiores complicações decorrentes da NDP. A investigação do sistema sensorial, também é

significante para verificar a influência deste nas variáveis espaço temporais da marcha.

Conclusão

Na avaliação do complexo tornozelo-pé ficou evidente que em condições livres, sem restrições, os indivíduos neuropatas deambularam em menor velocidade, devido ao menor comprimento da passada e estes estão associados à diminuição da força muscular dos plantiflexores e dorsiflexores do tornozelo.

Estes achados ampliaram o conhecimento sobre os possíveis fatores que levam ao comprometimento funcional do tornozelo de neuropatas diabéticos, em função do déficit, principalmente, motor. Ademais, forneceu subsídios para a prevenção da evolução das disfunções desencadeadas pela NDP, a fim de se evitar prejuízos na marcha e nas atividades funcionais cotidianas desta população. Contudo, importância clínica deve ser dada a reabilitação e manutenção da funcionalidade do complexo do tornozelo, com intervenções terapêuticas adequadas, visando maior mobilidade e força muscular de tornozelo para uma melhor qualidade da marcha.

Referências

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: 1047-53.
2. Roglic G, Unwin N, Bennett PH, Mathers C, Tuomilehto J, Nag S, et al. The Burden of Mortality Attributable to Diabetes. Realistic estimates for the year 2000. *Diabetes Care*, 2005; 28: 2130-5.
3. Deshpande, AD, Harris-Hayes M, Schootman M. Diabetes Special Issue. Epidemiology of Diabetes and Diabetes-Related Complications. *Phys. Ther.*, 2008; 88: 1254-64.

4. Boulton AJM, Malik RA, Arezzo JC, Sosenko JM. Diabetic Somatic Neuropathies. *Diabetes Care*, 2004; 27: 458-86.
5. Al-Maskari F, El-Sadig M. Prevalence of risk factors for diabetic foot complications. *BMC Fam. Pract. Oct.*, 2007; 10: 8-59.
6. Andreassen CS, Jakobsen J, Andersen H. Muscle weakness: a progressive late complication in diabetic distal symmetric polyneuropathy. *Diabetes*, 2006; 55: 806-12.
7. Akashi PM, Sacco ICN, Watari R, Henning E. The effect of diabetic neuropathy and previous foot ulceration in EMG and ground reaction forces during gait. *Clin. Biomech.*, 2008; 23: 584–592.
8. Kwon OY, Minor S, Maluf KS, Mueller MJ. Comparison of muscles activity during walking in subjects with and without diabetic neuropathy. *Gait Posture*, 2003; 18: 105-113.
9. Andersen H, Gjerstad MD, Jakobsen J. Atrophy of Foot Muscles: a measure of diabetic neuropathy. *Diabetes Care*, 2004; 27: 2382-85.
10. Schie, GHM, Vermigli C, Carrington AL, Boulton A. Muscle Weakness and Foot Deformities in Diabetes: relationship to neuropathy and foot ulceration in Caucasian diabetic men. *Diabetes Care*, 2004; 27: 1668-73.
11. Giacomozzi C, D'Ambrogi E, Cesinaro S, Macellari V, Uccioli L. Muscle performance and ankle joint mobility in long-term patients with diabetes. *BMC Musculoskelet Disord*, 2008; 9-99.
12. Allet L, Armand S, Golay A, Monnin D, de Bie RA, de Bruin ED. Gait characteristics of diabetic patients: a systematic review. *Diabetes Metab. Res. Rev.*, 2008; 24:173-91.
13. Allet L, Armand S, de Bie RA, Pataky Z, Aminian K, Herrmann FR et al. Gait alterations of diabetic patients while walking on different surfaces. *Gait Posture*, 2009; 29: 488-93.
14. Turner DE, Helliwell PS, Burton AK, Woodburn J. The relationship between passive range of motion and range of motion during gait and plantar pressure measurement. *Diabet. Med.*, 2007; 24: 1240–1246.
15. Brach JS, Talkowski JB, Strotmeyer ES, Newman AB. Diabetes mellitus and gait dysfunction: Possible explanatory factors. *Phys. Ther.*, 2008; 88: 1365-1374.

16. Courtemanche R, Teasdale N, Boucher P, Fleury M, Lajoie Y, Bard C. Gait problems in diabetic neuropathic patients. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1996; 77(9): 849-855.
17. Katoulis EC, Ebdon-Parry M, Lanshammar H, Loreta V, Jarne K, Boulton AJM. Gait abnormalities in diabetic neuropathy. *Diabetes Care.*, 1997; 20: 1904-190.
18. University of Michigan Health System, Michigan Diabetes Research and Training Center (2009) MNSI – Michigan Neuropathy Screening Instrument. Available from: <http://www.med.umich.edu/mdrtc/profs/survey.html> , accessed 10 July 2010.
19. Moghtaderi A, Bakhshipour A, Rashidi H. Validation of Michigan neuropathy screening instrument for diabetic peripheral neuropathy. *Clin. Neurol. Neurosurg.*, 2006; 108: 477-81.
20. 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.
21. Kamei N, Yamane K, Nakanishi S, Yamashita Y, Tamura T, Ohshita K, et al. Effectiveness of Semmes- Weinstein monofilament examination for diabetic peripheral neuropathy screening. *J. Diabetes Complications*, 2005; 19: 47-53.
22. Camargo MR, Fregonesi, CEPT, Nozabiel AJL et al. Avaliação da Força Muscular Isométrica do Tornozelo. *Dinamometria: Descrição de uma Nova Técnica. Revista Brasileira de Ciências da Saúde.* 2009; 13: 89-96.
23. Sacco IC, Hamamoto AN, Gomes AA, Onodera AN, Hirata RP, Hennig EM. Role of ankle mobility in foot rollover during gait in individuals with diabetic neuropathy. *Clin. Biomech.*, 2009; 24: 687-92.
24. Petrofsky J, Lee S, Bweir S. Gait characteristics in people with type 2 diabetes mellitus. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2005; 93: 640-7.
25. 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: 245-52.
26. Mueller MJ, Minor SD, 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: 299-308.
27. Salsich GB, Mueller MJ, Sahrman, SA. Passive ankle stiffness in subjects with diabetes and peripheral neuropathy versus an age-matched comparison group. *Phys. Ther.*, 2000; 80: 352-62.

28. Rao S, Saltzman CL, Yacky HJ. Relationships between segmental foot mobility and plantar loading in individuals with and without diabetes and neuropathy. *Gait Posture*, 2010; 31: 251-255.

29. MacGilchrist C, Paul L, Ellis BM, Howe TE, Kennon B, Godwin J. Lower-limb risk factors for falls in people with diabetes mellitus. *Diabet. Med.*, 2010; 27: 162-158.

-Artigo II-

ARTIGO ORIGINAL**INSTABILIDADE POSTURAL DECORRENTE DA PERDA DE SENSIBILIDADE TÁTIL E DA FORÇA MUSCULAR NA NEUROPATIA DIABÉTICA PERIFÉRICA**

Alessandra Rezende Martinelli¹, Dalva Minonroze Albuquerque Ferreira², Cristina Elena Prado Teles Fregonesi³.

¹ Graduada em Fisioterapia; Discente de Pós-Graduação Strictu Sensu do Curso de Fisioterapia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP – Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, Departamento de Fisioterapia.

² Profa. Dra. da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP – Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, Departamento de Fisioterapia.

³ Profa. Dra. de Pós-graduação em Fisioterapia, Laboratório de Estudos Clínicos em Fisioterapia (LECFisio), Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP – Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

Endereço para Correspondência:

Cristina Elena Prado Teles Fregonesi, Laboratório de Estudos Clínicos em Fisioterapia (LECFisio), Depto. Fisioterapia.

Rua: Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, São Paulo-SP.

CEP 19060-900, (18) 3229-5365

E-mail:cristina@fct.unesp.br

INSTABILIDADE POSTURAL DECORRENTE DA PERDA DE SENSIBILIDADE TÁTIL E DA FORÇA MUSCULAR NA NEUROPATIA DIABÉTICA PERIFÉRICA

Resumo

Objetivo: Examinar o desempenho do controle postural em condições estática e dinâmica, comparando a sensibilidade tátil dos pés e a força muscular isométrica do tornozelo de neuropatas diabéticos com indivíduos sem tal comprometimento.

Metodologia: Participaram 24 indivíduos com neuropatia diabética periférica (NDP) e 28 controles (CO), submetidos a avaliação do controle postural, na estática (variação angular da articulação do tornozelo) e na marcha (duração dos períodos de apoio simples, duplo apoio e apoio total), a avaliação da sensibilidade tátil dos pés e ao teste de força muscular do tornozelo. **Resultados:** Na avaliação da estabilidade postural, em condição estática, não foi observada diferença na variação angular do tornozelo entre os grupos. Entretanto, foram encontradas alterações nos períodos de duplo apoio e apoio total da marcha de neuropatas diabéticos, demonstrando desequilíbrio postural em condição dinâmica. Foi observado déficit sensitivo tátil dos pés e diminuição da força muscular de tornozelo nos indivíduos do grupo NDP. **Conclusão:** As perdas sensório-motoras, decorrentes da NDP, podem implicar em complicações para estes indivíduos, com danos no funcionamento do sistema de controle postural.

Palavras-chave: postura, sensibilidade, força muscular, neuropatia diabética.

INTRODUÇÃO

A neuropatia diabética periférica (NDP) é a mais comum das complicações do diabetes *mellitus* (DM), com prejuízo do sistema sensório-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 pés¹, que diminuem as informações sensoriais necessárias para o adequado controle motor durante a postura estática e na marcha³.

O sistema de controle postural busca a orientação e o equilíbrio do corpo, alcançados por meio de interação contínua da informação sensorial com a atividade motora⁴. Desta forma, quando há dano no sistema nervoso periférico, com prejuízos sensoriais e motores, como observado em neuropatas diabéticos, podem ocorrer graves repercussões sobre o equilíbrio⁵ e a locomoção⁶⁻⁸. Na NDP, o déficit significativo na força muscular^{9,10}, restrição da mobilidade articular^{11,12}, diminuição da sensibilidade tátil, bem como a perda proprioceptiva, podem alterar as estratégias necessárias para manutenção da estabilidade postural⁷.

Estudos vêm investigando a instabilidade postural em indivíduos diabéticos neuropatas, principalmente em condição estática^{13,14}, com importantes perdas de informações somatossensoriais periféricas¹⁵. No entanto, Nardone et al.¹⁶ 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 sensório-motor¹⁷. Ademais, em superfície de apoio instável ou quando há movimento, as informações dos sistemas vestibular e visual são cruciais para manutenção da estabilidade, considerando que o controle postural e a

locomoção são processos multissensoriais^{13,18}. 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 sensório-motores provocados pela NDP¹⁵.

A identificação dos principais fatores desencadeantes de desequilíbrios em neuropatas diabéticos possibilita a prevenção de complicações inerentes a NDP. Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar a estabilidade postural em indivíduos neuropatas diabéticos, em condições estática e dinâmica, em decorrência de possíveis alterações na sensibilidade tátil dos pés e de redução da força muscular isométrica do tornozelo.

MÉTODOS

Participantes

Este estudo envolveu 52 participantes de ambos os gêneros, divididos em dois grupos: indivíduos controles assintomáticos (CO) (n=28) e indivíduos com neuropatia diabética periférica (NDP) (n=24). A pesquisa foi desenvolvida sob aprovação do Comitê de Ética local (protocolo nº 21/2009) e todos os participantes assinaram o “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”.

Para inclusão dos indivíduos foi realizado teste de glicemia pós-prandial, assegurando confirmação diagnóstica de DM no grupo NDP e exclusão de possíveis indivíduos diabéticos assintomáticos no grupo CO. Para inclusão no grupo NDP foi necessário uma pontuação ≥ 8 no *Michigan Neuropathy Screening Instrument* (MNSI)^{19,20}. Este instrumento permitiu a avaliação clínica dos pés, onde foi verificada a presença de úlceras plantares, calosidades, ressecamentos, fissuras e/ou

deformidades. Ainda, possibilitou examinar o reflexo do tornozelo (tendão calcâneo) e a sensibilidade vibratória, por meio de um diapasão de 128 Hz, na articulação metatarsofalangeana do hálux.

Foram excluídos indivíduos com presença de deformidades osteoarticulares (neuroartropatia de Charcot), úlceras plantares, doenças neurológicas de origem central ou periférica, que não causadas pelo DM, e déficit visual importante.

Controle Postural

a) Cinemetria (equilíbrio estático)

Para avaliação do controle postural, no plano sagital, em condição estática, foi analisada a oscilação ântero-posterior do tornozelo, por meio de variação angular medida por sistema de cinemetria. Para tal, o participante foi orientado a permanecer em posição ortostática, com os pés paralelos e alinhados aos ombros, braços ao longo do corpo e olhar fixo a sua frente (2m de distância), devendo permanecer o mais estático possível, por 30 segundos. Para tal foram utilizadas duas câmeras, com frequência de amostragem de 60Hz e marcadores reflexivos fixados em pontos anatômicos dos participantes: cabeça do quinto metatarso, maléolo lateral e cabeça da fíbula. O registro das imagens foi realizado por 30 segundos em cada membro. Posteriormente, 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 cinco 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.

b) Parâmetros temporais da marcha (equilíbrio dinâmico)

Finalmente, para representação do controle postural em condição dinâmica, por meio do equipamento *FootWalk Pro*, foram avaliados a duração dos períodos de apoio simples, duplo apoio (inicial e final) e apoio total. Anteriormente ao registro dos dados, cada participante foi orientado a deambular por uma passarela (8,0m) em velocidade confortável auto-selecionada, até que este se habituasse ao local da coleta e, assim, iniciou a aquisição dos dados, que ocorreu apenas na área útil do equipamento (2,0m intermediários). Foram registrados três ciclos completos da marcha, por meio do *software FootWork Pro* (versão 3.2.0.1), para posterior análise dos períodos de apoio simples, duplo apoio e apoio total.

Avaliação Sensibilidade Tátil

Para avaliação da sensibilidade tátil foi utilizado um conjunto de monofilamentos de *nylon*, tipo Semmes-Weisntein (SORRI Bauru®, Brasil). Os monofilamentos, do mais fino ao mais grosso, foram pressionados em onze áreas de cada pé, correspondentes aos dermatômos sensitivos dos nervos tibiais e fibulares, sendo utilizados cinco monofilamentos (0,2g; 2,0g; 4,0g; 10g e 300g). A avaliação começou com o monofilamento menos espesso e o indivíduo, com os olhos fechados, foi orientado a relatar quando sentisse a pressão exercida, assim como o local pressionado. A sensibilidade tátil foi definida pela pressão do monofilamento mais fino, sentido em cada área testada²¹.

Dinamometria

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, específica para avaliação da força muscular isométrica do tornozelo,

desenvolvida no laboratório local²². Os membros inferiores dos indivíduos foram adequadamente posicionados e estabilizados nesta plataforma, de acordo com o grupo muscular avaliado (Figura 1). Foi solicitada a realização de três contrações isométricas máximas, para cada movimento, em ambos os membros, dominante e não dominante, e, posteriormente, calculada a média das três tentativas, visando aumentar a precisão dos resultados.

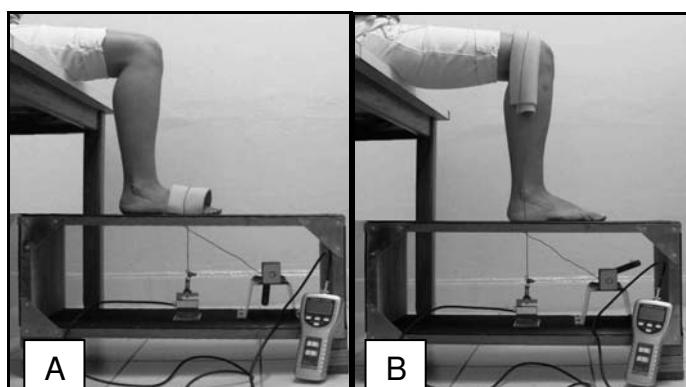


Figura 1 - Coleta da força muscular isométrica do grupo dorsiflexor (A) e plantiflexor (B) do tornozelo.

Análise estatística

Para caracterização da amostra foi utilizada estatística descritiva (médias e desvios-padrão).

Análise de Multivariância (MANOVA) one-way, foi realizada para análise do equilíbrio dinâmico, tendo como fator grupo, com as respectivas variáveis dependentes: duração do período de apoio simples, duplo apoio e período de apoio total. Ainda, outra MANOVA, com o mesmo fator, foi utilizada para análise do equilíbrio estático, tendo como variável a oscilação angular do tornozelo, para o lado dominante e não dominante.

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 10g para os pés, dominante e não dominante.

Para análise dos parâmetros de força muscular isométrica máxima dos músculos plantiflexores e dorsiflexores do tornozelo foi utilizada uma MANOVA 2x2, para comparação entre os grupos e dominância dos membros, sendo este último fator tratado como medida repetida.

O nível de significância foi mantido em 0,05, para todas as variáveis analisadas, e o programa utilizado para tratamento estatístico foi o SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*, versão 17.0).

RESULTADOS

Os dados demográficos da população recrutada (Tabela 1) mostraram diferença significativa para o índice de massa corpórea (IMC) e nível glicêmico.

Tabela 1 - Caracterização da amostra.

Variáveis/Teste	CO	NDP	p-valor (ANOVA)
Idade (anos)	64,21 ± 6,26	61,88 ± 8,11	0,246
IMC (Kg/m ²)	26,03 ± 3,72	29,06 ± 5,25	<0,05*
Glicemia (mg/dL)	112,75 ± 12,88	172,5 ± 68,01	<0,001*

Média ± Desvio padrão. CO: grupo controle; NDP: grupo neuropata diabético.

Os valores médios da variação angular do tornozelo na direção ântero-posterior, verificados pela cinemetria, estão expressos na Figura 2. A MANOVA não

revelou diferença entre os grupos, na variação angular dos tornozelos dominante e não dominante, no plano ântero-posterior, $F(2,49)=2,64$, $p=0,082$.

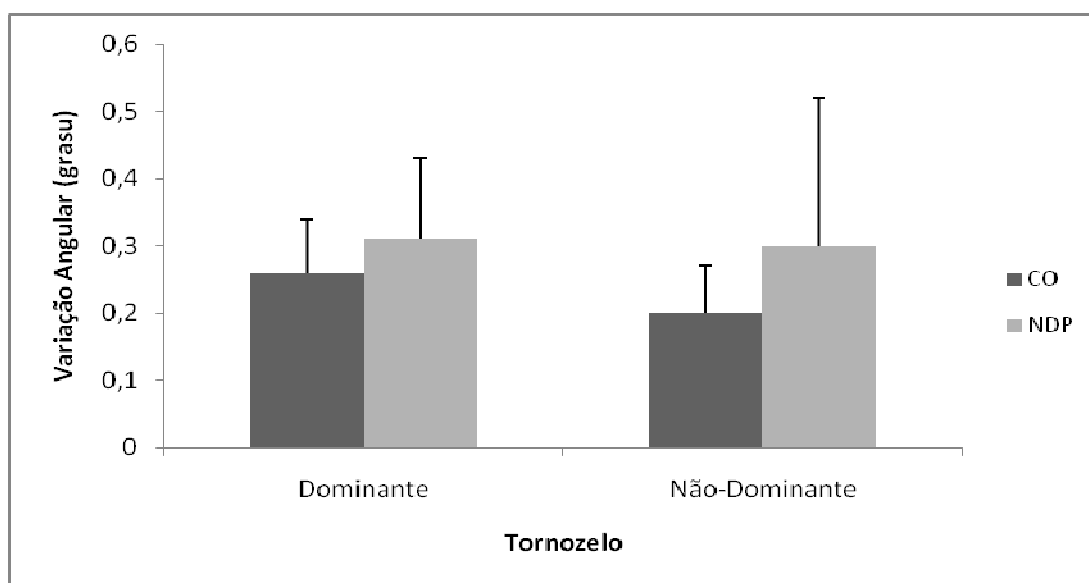


Figura 2– Valores médios e desvios padrão da variação angular da articulação do tornozelo do lado dominante (D) e não dominante (ND), na posição estática, para os grupos controle (CO) e neuropatas diabéticos (NDP).

A duração dos períodos de apoio simples, duplo apoio e apoio total, associados ao equilíbrio dinâmico, estão demonstrados na Figura 3. A MANOVA revelou diferença entre os grupos, $Wilks' \text{ Lambda} = 0,837$, $F(3,48)=3,127$, $p<0,05$. Análises univariadas demonstraram diferenças entre os grupos, na duração do período de duplo apoio, $F(1,50)=4,708$, $p<0,05$ e apoio total, $F(1,50)=6,416$, $p<0,05$. Entretanto, no período de apoio simples nenhuma diferença foi observada entre os grupos, $F(1,50)=1,585$, $p=0,214$.

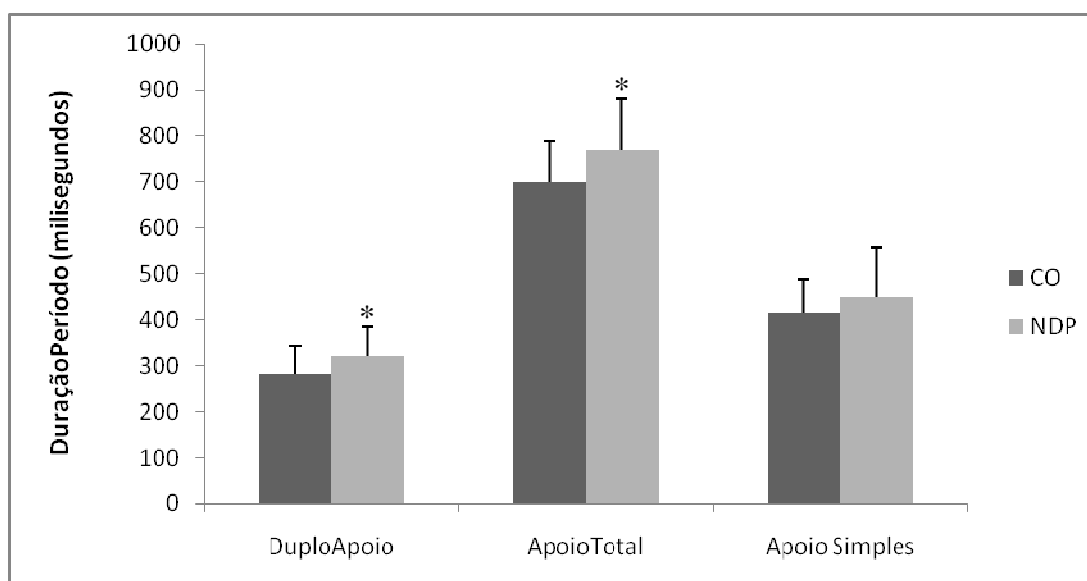


Figura 3 – Valores médios e desvios padrão da duração dos períodos de duplo apoio, apoio total e apoio simples, durante avaliação dinâmica, entre os grupos controle (CO) e neuropata diabéticos (NDP).

Na avaliação da sensibilidade tátil, todos os participantes do grupo controle apresentaram resposta positiva à pressão dos monofilamentos < 10g (correspondente ao 5.07), em ambos os pés, dominante e não dominante. No grupo NDP, 83,33% dos indivíduos apresentaram incapacidade na detecção de pressão do monofilamento < 10g, com uma média de $7,83 \pm 2,82$ pontos insensíveis no pé dominante e 75% com déficit tátil em $8,25 \pm 2,86$ pontos para o não dominante. Assim, foi observado um déficit de sensibilidade tátil no NDP quando comparado ao CO ($p \leq 0,001$).

A Figura 4 apresenta os valores médios e desvios-padrão das variáveis referentes à força muscular isométrica de tornozelo, tanto para dorsiflexão, quanto para plantiflexão. Para essas variáveis, MANOVA apontou diferença entre os grupos, $Wilks' \Lambda = 0,633$, $F(2,47) = 13,635$, $p < 0,001$ e dominância dos membros (dominante e não-dominante), $Wilks' \Lambda = 0,733$, $F(2,47) = 8,579$, $p \leq 0,001$, ainda foi revelada interação entre dominância e grupo, $Wilks' \Lambda = 0,813$, $F(2,47) = 5,414$, $p < 0,005$. Análises univariadas apontaram diferença entre os grupos,

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, demonstrando menores valores de força muscular para o grupo NDP.

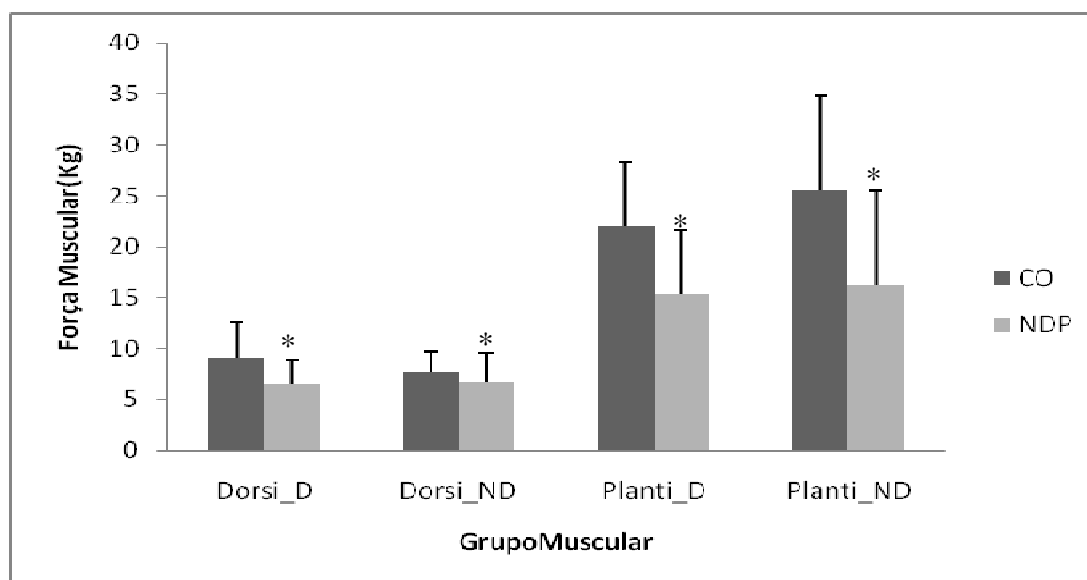


Figura 4 – Valores médios e desvios padrão da força muscular de tornozelo (Kg) dos grupos dorsiflexores (Dorsi) e plantiflexores(Planti), dominante e não-dominante, para os grupos controle (CO) e neuropata diabético (NDP).

DISCUSSÃO

Os indivíduos neuropatas diabéticos apresentaram um comprometimento da estabilidade postural na condição dinâmica, com maior duração nos períodos de duplo apoio e apoio total, sendo associado à perda de sensibilidade tátil dos pés e déficit de força muscular isométrica do tornozelo, evidenciados nesta população. Entretanto, na avaliação da estabilidade postural estática, o mesmo não pode ser observado, com valores de oscilação angular de tornozelo similares entre os grupos.

Centomo *et al.*²³ relataram que o DM, por si só, não tem efeito no controle postural, no entanto, na presença de neuropatia diabética, com a perda da percepção sensorial, há um efeito deletério sobre a estabilidade postural⁷, tornando

esta população mais suscetível a quedas²⁴. A presença da neuropatia, neste estudo, foi confirmada pelo MNSI, com escore maior ou igual a oito¹⁹ e, posteriormente, pelo teste de sensibilidade tátil com os monofilamentos de *nylon*, possibilitando desta forma, a detecção precoce das disfunções inerentes a esta patologia.

Para a manutenção da postura estática, faz-se necessário adotar adequadas estratégias de dorsiflexão e plantiflexão do tornozelo, associadas às oscilações no plano ântero-posterior¹³. No presente estudo, mesmo com redução de força dos músculos do tornozelo, não houve diferença significativa entre os grupos na oscilação angular dos tornozelos dominante e não dominante, demonstrando que indivíduos neuropatas diabéticos não apresentam comprometimento da estabilidade postural estática.

Entretanto, os resultados revelaram um comprometimento do sistema de controle postural em condição dinâmica, com alterações dos parâmetros de organização temporal da marcha nos indivíduos do grupo NDP, como maior duração nos períodos de duplo apoio e apoio total, associados aos danos do sistema sensório-motor. Para o período de apoio simples, valores similares foram revelados, demonstrando que indivíduos neuropatas diabéticos permaneceram por menos tempo em apoio unipodal, provavelmente decorrente da maior instabilidade em tarefas mais elaboradas.

No estudo de Sacco *et al.*²⁵, com portadores de neuropatia diabética, foi encontrado maior tempo na fase de duplo apoio da marcha, sugerindo ser este decorrente da geração de mecanismos de compensação biltateral, de natureza musculoesquelética, a fim de aumentar a estabilidade e o equilíbrio durante a marcha, já prejudicados em pacientes neuropatas.

Desta forma, esta compensação encontrada na marcha do grupo NDP pode estar associada a uma instabilidade do controle postural, relacionada ao grau de comprometimento do sistema sensório-motor e, ainda, em decorrência do grau de dificuldade na execução da tarefa, com maior exigência do funcionamento do sistema de controle postural^{17,26}. Os achados do presente estudo corroboram com os de Richardson *et al.*²⁷ que afirmam que pacientes diabéticos oscilam mais que os indivíduos assintomáticos quando em atividades mais elaboradas. Embora alguns autores demonstrem maior oscilação mesmo em condição estática²⁶, isso não foi observado no presente estudo, estando essa diferença associada tanto ao grau de comprometimento sensório-motor, quanto à dificuldade requerida na execução da deambulação.

Todos os indivíduos do grupo NDP apresentaram diminuição da sensibilidade tátil dos pés, dominante e não dominante. Alguns estudos corroboram com estes achados, evidenciando déficit sensitivo tátil nesta população^{3,28}, estando relacionado com o maior tempo de duplo apoio na marcha^{9,29}.

Adicionalmente às alterações da sensibilidade cutânea, autores apontam que as restrições biomecânicas do movimento, assim como diminuição da percepção do movimento, com modificações na orientação espacial durante a deambulação, também podem levar ao comprometimento da estabilidade postural³⁰.

Com a progressão da patologia, juntamente ao comprometimento sensitivo, é observado danos na inervação distal motora¹³. Os resultados apresentados 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, como observado por Allet *et al.*⁶ e Menz *et al.*⁹ em seus estudos.

Diante do exposto, ficou evidente que tarefas mais elaboradas, como a marcha, foram eficazes para análise do desempenho do equilíbrio postural em condição dinâmica e, também, da relação entre informação sensorial e ação motora. No entanto, estudos futuros devem ser realizados em diferentes situações, que exijam maior demanda do sistema neuro-sensório-motor em indivíduos com NDP, a fim de melhor identificar alterações do controle postural, em condição estática e dinâmica. Ainda, avaliações dos demais sistemas sensoriais, como o vestibular e visual, envolvidos no processo de controle postural, são de extrema importância na identificação dos efeitos deletérios da NDP.

De acordo com os resultados encontrados, os procedimentos metodológicos empregados neste estudo mostraram-se eficazes na identificação de perdas sensitivas e prejuízos motores decorrentes da NDP e sua relação com o comprometimento do equilíbrio postural dinâmico.

CONCLUSÃO

Os resultados, de forma geral, demonstraram que os indivíduos do grupo NDP apresentaram comprometimento da estabilidade postural, observado durante a deambulação. Foi observado perda da sensibilidade tátil dos pés e redução da força muscular isométrica do tornozelo, sendo essas variáveis as responsáveis pelos desequilíbrios posturais nesta população.

Com este estudo, conclui-se que o déficit sensitivo juntamente com a fraqueza muscular do tornozelo, em decorrência da NDP, podem implicar em graves complicações para estes indivíduos. Tais complicações, quando detectadas precocemente, poderiam ser evitadas e, portanto, programas de prevenção seriam

importantes como meio de amenizar as consequências do diabetes e as referidas complicações.

REFERÊNCIAS

1. Boulton AJM, Malik RA, Arezzo JC, Sosencio JM. Diabetic Somatic Neuropathies: a technical review. *Diabetes Care* 2004; 27: 1458-1486.
2. Goldberg A, Russell JW, Alexander NB. Standing balance and trunk position sense in impaired glucose tolerance (IGT) - related peripheral neuropathy. *J Neurol Sci* 2008; 270:165-171.
3. 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: 584-592.
4. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural central of balance to prevent falls. *Age Ageing* 2006; 35:117-21.
5. Bonnet C, Carello C, Turvey MT. Diabetes and postural stability: review and hypotheses. *J Mot Behav* 2009; 41:172-190.
6. Allet L, Armand S, de Bie RA, et al. Gait alterations of diabetic patients while walking on different surfaces. *Gait Posture* 2009; 29: 488-93.
7. 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; 85:245-52.
8. Allet L, Armand S, de Bie AR, et al. The gait and balance of patients with diabetes can be improved: a randomised controlled trial. *Diabetologia* 2010; 53:458-466.
9. Kwon OY, Minor SD, Maluf KS, Mueller MJ. Comparison of muscle activity during walking in subjects with and without diabetic neuropathy. *Gait Posture* 2003;18:105-113.
10. Andreassen CS, Jakobsen J, Andersen H. Muscle weakness: a progressive late complication in diabetic distal symmetric polyneuropathy. *Diabetes*, 2006; 55: 806-12.
11. Mueller MJ, Minor SD, Sahrman SA, Schaaf JA, Strube MJ. Differences in the gait characteristics of patients with diabetes and peripheral neuropathy compared with age-matched control subjects. *Phys Ther* 1994; 74:299 -308.
12. Van Deursen RW, Simoneau GG. Foot and ankle sensory neuropathy, proprioception and postural stability. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999; 29:718-726.

13. Lafond D, Corriveau H, Prince F. Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care* 2004; 27: 173-178.
14. Boucher P, Teasdale N, Courtemanche R, Bard C, Fleury, M. Postural stability in diabetic polyneuropathy. *Diabetes Care*, 1995; 18:638-645.
15. Bunday KL, Bronstein AM. Locomotor adaptation and aftereffects in patients with reduced somatosensory input due to peripheral neuropathy. *J Neurophysiol* 2009; 102:3119-28.
16. Nardone A, Grasso M, Schieppati M. Balance control in peripheral neuropathy: are patients equally unstable under static and dynamic conditions? *Gait Posture* 2006; 23:364–373.
17. Prioli A.C., Cardozo A.S., de Freitas Junior P.B., Barela J.A. Task demand effects on postural control in older adults. *Hum Mov Sci* 2006; 25: 435-446.
18. Buchanan JJ, Horak FB. Role of vestibular and visual systems in controlling head and trunk position in space. *Soc Neurosci Abstr* 1998; 24: 153.
19. 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.
20. Moghtaderi A, Bakhshipour A, Rashidi H. Validation of Michigan neuropathy screening instrument for diabetic peripheral neuropathy. *Clin Neurol Neurosurg* 2006; 108: 477-81.
21. Sacco ICN, Sartor CD, Gomes AA, João SMA, Cronfli R. Avaliação das perdas sensorio-motoras do pé e tornozelo decorrentes da neuropatia diabética. *Rev Bras Fisiot* 2007; 11: 27-33.
22. Camargo MR, Fregonesi, CEPT, Nozabiel AJL et al. Avaliação da Força Muscular Isométrica do Tornozelo. *Dinamometria: descrição de uma Nova Técnica. Revista Brasileira de Ciências da Saúde.* 2009; 13:89-96.
23. Centomo H, Termoz N, Savoie S, Béliveau L, Prince F. Postural control following a self-initiated reaching task in type 2 diabetic patients and age-matched controls. *Gait Posture* 2007; 25:509-14.
24. Wallace C, Reiber GE, LeMaster J, et al Incidence of falls, risk factors for falls and fall related fractures in individuals with diabetes and a prior foot ulcer. *Diabetes Care* 2002; 11:1983-6.
25. Sacco IC, Amadio AC. A study of biomechanical parameters in gait analysis and sensitive cronaxie of diabetic neuropathic patients. *Clin Biomech* 2000;15:196-202.

26. Prioli AC, Freitas Júnior PB, Barela JA. Physical Activity and Postural Control in the Elderly: Coupling between Visual Information and Body Sway. *Gerontology* 2005; 51:145-148.
27. 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: 1152-6.
28. Frykberg RG, Lavery LA, Pham H, Harvey C, Harkless L, Veves A. Role of neuropathy and high foot pressures in diabetic foot ulceration. *Diabetes Care* 1998; 21:1714-9.
29. Brach JS, Talkowski JB, Strotmeyer ES, Newman AB. Diabetes mellitus and gait dysfunction: possible explanatory factors. *Phys Ther* 2008; 88:1365–1374.
30. 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* 2009; 24:716–721.

-Conclusões-

CONCLUSÕES

Na presença de neuropatia diabética, ocorrem alterações nos parâmetros da marcha e no equilíbrio postural em condição dinâmica. Estes indivíduos apresentam redução da força muscular isométrica de tornozelo e déficit sensitivo tátil dos pés, podendo explicar os comprometimentos dos parâmetros espaço temporais da marcha e os desequilíbrios posturais.

Este estudo possibilitou identificar os principais fatores envolvidos nas complicações decorrentes da NDP, permitindo a caracterização das disfunções do complexo tornozelo-pé, como alterações da mobilidade articular do tornozelo, com redução do movimento de dorsiflexão e aumento da plantiflexão durante a marcha e perda de força muscular de dorsiflexores e plantiflexores do tornozelo.

Diante do exposto, fica evidente que os fatores sensório-motores envolvidos na marcha e na manutenção do equilíbrio postural, uma vez deficitários, agravam o quadro clínico de indivíduos com neuropatia diabética, podendo aumentar o risco a quedas, frequentemente observado nesta população.

Os dois estudos apresentados foram realizados com diferentes indivíduos, neuropatas diabéticos e indivíduos sem tal comprometimento, mas os resultados apresentados foram similares nesses estudos, permitindo identificar por meio de uma grande população, os comprometimentos, tanto sensoriais quanto motores, na presença de NDP.

Desta forma, quando os principais danos deste sistema sensório-motor são conhecidos, torna-se imprescindível uma adequada reabilitação, com estratégias de tratamento fisioterapêutico que visem à melhora no desempenho da marcha e do

equilíbrio dinâmico de neuropatas diabéticos e, conseqüentemente, aumento da qualidade de vida desta população.

-Referências Bibliográficas-

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fregonesi CEPT, Faria CRS, Molinari SL, Miranda Neto MH. Etiopatogenia da Neuropatia Diabética. *Arq Ciên Saúde Unipar* 2004;8:147-156.
2. IDF – “International Diabetes Federation. Diabetes Atlas. Prevalence”. 2007. Disponível em: <<http://www.eatlas.idf.org/Prevalence/>>. Acesso em: 03 abril 2010.
3. 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;27:1047-1053.
4. OMS – Organização Mundial de Saúde. WHO – World Health Organization. [Homepage da Internet] 2006. Apresenta informações sobre diabetes. Disponível em: <<http://www.who.int/diabetes>>. Acesso em: 22 jan. 2009.
5. Roglic G, Unwin N, Bennett PH, et al. The Burden of Mortality Attributable to Diabetes: Realistic estimates for the year 2000. *Diabetes Care* 2005; 28:2130-5.
6. Deshpande AD; Harris-Hayes M, Schootman M. Diabetes Special Issue. Epidemiology of Diabetes and Diabetes-Related Complications. *Phy Ther* 2008; 88: 1254-1264.
7. Bakker K. The Dutch consensus on the diabetic foot. *FEMS Immunol Med Microb* 1999;26:277-79.
8. Milman MH, Leme CB, Borelli DT, et al. Pé diabético: avaliação da evolução e custo hospitalar de pacientes internados no conjunto hospitalar de Sorocaba. *Arq Bras End Metab* 2001;45:447-51.
9. Al-Maskari F, El-Sadig M. Prevalence of risk factors for diabetic foot complications. *BMC Fam. Pract.* Oct., 2007; 10: 8-59.
10. Gregg, EW, Sorlie P, Paulose-Ram R, et al. Prevalence of lower-extremity disease in the US adult population > 40 years of age with and without diabetes: 1999-2000 national health and nutrition examination survey. *Diabetes Care* 2004;27:1591-1597.
11. Vinik AI, Park TS, Stansberry KB, Pittenger GL. Diabetic neuropathies. *Diabetologia* 2000;43: 957-73.
12. Boulton AJM, Vinik AI, Arezzo JC, et al. Diabetic neuropathies. A statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care* 2005; 28:956–962.
13. Boulton AJM, Malik RA, Arezzo JC, Sosenko JM. Diabetic Somatic Neuropathies. *Diabetes Care* 2004; 27:1458-1486.
14. Simoneau GC, Derr JA, Ulbrecht JS, Becker MB, Cavanagh PR. Diabetic sensory neuropathy effect on ankle joint movement perception. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:453-60.

15. Barbagallo M, Novo S, Licata G, Resnick LM: Diabetes, hypertension and atherosclerosis: pathophysiological role of intracellular ions. *Int Angiol* 1993;12:365-370.
16. Rao S, Saltzman CL, Yack HJ. Relationships between segmental foot mobility and plantar loading in individuals with and without diabetes and neuropathy. *Gait Posture* 2010;31:251-255.
17. D'Ambrogi E, Giacomozzi C, Macellari V, Uccioli L: Abnormal foot function in diabetic patients: the altered onset of Windlass Mechanism. *Diab Med* 2005; 22:1713-1719.
18. Sumpio B. Foot Ulcers. *New Eng. J Medicine*. 2001; 343: 787-93.
19. Rao S, Saltzman C, Yack HJ. Ankle ROM and stiffness measured at rest and during gait in individuals with and without diabetic sensory neuropathy. *Gait Posture* 2006; 24 (3), 295–301.
20. D'Ambrogi E, Giurato L, D'Agostino MA, et al. Contribution of plantar fascia to the increased forefoot pressures in diabetic patients. *Diabetes Care* 2003; 26: 1525–1529.
21. Hajrasouliha AR, Tavakoli S, Esteki A, Nafisi S. Abnormal viscoelastic behaviour of passive ankle joint movement in diabetic patients: an early or a late complication? *Diabetologia* 2005; 48:1225-1228.
22. Salsich GB, Mueller MJ, Sahrmann SA: Passive ankle stiffness in subjects with diabetes and peripheral neuropathy versus an age-matched comparison group. *Phys Ther* 2000; 80:352-362.
23. Giacomozzi C, D'Ambrogi E, Uccioli L, Macellari V: Does the thickening of Achilles tendon and plantar fascia contribute to the alteration of diabetic foot loading? *Clin Biomech* 2005; 20:532-539.
24. Turner DE, Helliwell PS, Burton AK, Woodburn J. The relationship between passive range of motion and range of motion during gait and plantar pressure measurement. *Diabet. Med* 2007;24:1240-1246.
25. Barela AMF. Análise biomecânica do andar de adultos e idosos nos ambientes aquático e terrestre [Tese Doutorado] São Paulo(SP):Universidade São Paulo; 2005.
26. Vinik A, Ullal J, Parson HK, Casellini CM, Diabetes neuropathies: clinical manifestations and current treatment options. *Nat Clin Pract Endocrinol Metab* 2006; 2:269-81.
27. Corriveau H, Prince F, Hebert R, Raiche M, Tessier D, Maheux P, Ardilouze JL. Evaluation of postural stability in elderly with diabetic neuropathy. *Diabetes Care* 2000; 23:1187-91.

28. Lieber RL. *Skeletal Muscle. Structure, function and plasticity: the physiological basis of rehabilitation.* Lippincott, Williams and Wilkins, 2002.
29. Petrofsky J, Lee S, Macnider M, Navarro E. Autonomic, endothelial function and the analysis of gait in patients with type 1 and type 2 diabetes. *Acta Diabetol.* 2005;42: 7-15.
30. Katoulis EC, Ebdon-Parry M, Lanshammar H, et al. Gait abnormalities in diabetic neuropathy. *Diabetes Care* 1997;20:1904-1907.
31. Sacco, I.C.N; Amadio, A.C Influence of the diabetic neuropathy on the behavior of electromyographic and sensorial responses in treadmill gait. *Clinical Biomechanics* 2003;18:426-434.
32. Giacomozzi C, Caselli A, Macellari V, Giurato L, Lardieri L, Uccioli L. Walking strategy in diabetic patients with peripheral neuropathy. *Diabetes Care* 2002, 25:1451-1457.
33. Kwon OY, Minor SD, Maluf KS, Mueller MJ. Comparison of muscle activity during walking in subjects with and without diabetic neuropathy. *Gait Posture* 2003;18:105–13.
34. Allet L, Armand S, de Bie AR, et al. The gait and balance of patients with diabetes can be improved: a randomised controlled trial. *Diabetologia* 2010;53:458-466.

Anexo I

Normas para publicação no periódico: DIABETES RESEARCH AND CLINICAL PRACTICE (ISSN. 0168-8227).

Author Information

Manuscript Submission

All manuscripts submitted to Diabetes Research and Clinical Practice should report original research not previously published or being considered for publication elsewhere, make explicit any conflict of interest, identify sources of funding and generally be of a high ethical standard.

Submission of a manuscript to this journal gives the publisher the right to publish that paper if it is accepted. Manuscripts may be edited to improve clarity and expression. Submission of a paper to Diabetes Research and Clinical Practice is understood to imply that it has not previously been published and that it is not being considered for publication elsewhere.

Authorship

The Corresponding Author must submit a completed Author Consent Form to DRCP with their manuscript. All authors must sign the Author Consent Form.

All authors should have made substantial contributions to all of the following: (1) the conception and design of the study, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data, (2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content, (3) final approval of the version to be submitted.

Ethics

Work on human beings that is submitted to the journal should comply with the principles laid down in the Declaration of Helsinki "Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects", adopted by the 18th

World Medical Assembly, Helsinki, Finland, June 1964 (and its successive amendments). The manuscript should contain a statement that the work has been approved by the appropriate ethical committees related to the institution(s) in which it was performed. Studies involving experiments with animals must state that their care was in accordance with institution guidelines.

Conflict of Interest Statement

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organisations that could inappropriately influence (bias) their work, all within 3 years of beginning the work submitted. If there are no conflicts of interest, authors should state that there are none. This statement will be included in the published article.

Article Types

Original Research Articles should be designated either (a) Basic Research (b) Clinical Research or (c) Epidemiology and should be a maximum of 5000 words. The word limit includes a combined total of five figures or tables with legends, but does not include up to 50 references and an abstract of up to 200 words structured according to Aims, Methods, Results, Conclusions and Keywords. Divide the manuscript into the following sections: Title Page; Structured Abstract; Introduction; Subjects, Materials and Methods; Results; Discussion; Acknowledgements; References; figures and tables with legends.

Manuscript Format

Style. Headlines and subheadlines should be employed liberally in the Methods, Results, and Discussion sections. Use short paragraphs whenever possible. Clarity of expression, good syntax and the avoidance of jargon is appreciated by the editors and readers. Abbreviations should be explained in the text.

The **Title Page** should include authors' names, highest earned degrees, academic addresses, address for correspondence, and grant support. Authorship should be assumed only by those workers who have contributed materially to the work and its report. Colleagues who have otherwise assisted or collaborated should be recognized in the Acknowledgment section, as should sources of funding. The title should be informative and concise. Avoid use of extraneous words such as "study," "investigation," etc. If data from the manuscript have been presented at a meeting, list the full name, date and location of the meeting and reference any previously published abstracts in the bibliography.

The **Abstract**, of no more than 200 words, should be written with particular care since this will be the only part of the article studied by some readers. In the first sentence state what has been done. Special technical features of the methods should then be noted. The results should be summarized, and the most important data and supporting statistical correlations should be included. In the final sentence, the authors should emphasize the importance they attach to their observations. Key Words should be provided in the manuscript; normally 3-5 items should be included.

The **Introduction** should be brief and set out the purposes for which the study has been performed.

The **Materials and Methods** should be sufficiently detailed so that readers and reviewers can understand precisely what has been done without studying the references directly. The description may be abbreviated when well-accepted techniques are used.

The **Results** should be presented precisely and concisely. Keep discussion of their importance to a minimum in this section of the manuscript.

The **Discussion** should relate directly to the study being reported with clear conclusions plus a perspective on possible future research. Do not include a general review of the topic.

References. The author(s) is/are responsible for the accuracy and completeness of the references, which should be identified in the text by Arabic numerals within square brackets in the order of first citation (i.e. [1,2]) and listed in numerical order at the end of the text. References must include author(s) last name(s), followed by initials (listing all authors if six or fewer, or the first six authors followed by et al. if seven or more), title of article, title of journal abbreviated according to the Index Medicus, year of publication in parentheses, volume (and supplement if appropriate) and first and last page numbers. References to books must include author(s) last name(s) followed by initials, title of chapter, editor(s) last name(s) and initials, title of book, publisher, place of publication, year of publication, and first and last page numbers. 'Articles in press' can be included in the reference list but submitted work under consideration at a publisher must be cited in the main text as 'Author X, unpublished data'. Draft analyses can be referred to in the main text as 'Author X, personal communication'.

Journal Reference Example

Lu P, Liu F, Yan L, Peng T, Liu T, Yao Z et al. Stem cell therapy for type 1 diabetes. *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 2007;78:1-7.

Book Reference Example

1. Drury P, Gatling W. *Diabetes: Your Questions Answered*. Churchill Livingstone, Edinburgh, 2005.

Figures must be suitable for high-quality reproduction. Lettering should be complete, of professional quality, and of a size appropriate to that of the illustration or drawing,

with the necessary reduction in size taken into account. If, together with your accepted article, you submit usable colour figures, Elsevier will ensure that these figures appear free-of-charge in colour in the electronic version of your accepted article, regardless of whether or not these illustrations are reproduced in colour in the printed version. Colour illustrations can only be included in print if the additional cost of reproduction is contributed by the author: you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please go to <http://ees.elsevier.com/diab> and click on the Artwork Guidelines.

Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, movies, animation sequences, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please ensure that data is provided in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file.

Tables should be numbered consecutively with Arabic numerals, and contain only horizontal lines. Provide a short descriptive heading and explanation above each table with footnotes underneath.

The **Language** of the journal is English. Upon request, Elsevier will direct authors to an agent who can check and improve the English of their paper (before submission). Please contact authorsupport@elsevier.com for further information.

Anexo II

Normas para publicação no periódico: ARQUIVOS DE NEURO-PSIQUIATRIA (Arq Neuropsiquiatr - ISSN 0004- 282X)

Instruções aos autores

Forma dos artigos

Arquivos de Neuro-Psiquiatria adota as normas editoriais do International Committee of Medical Journal Editors: ICMJE uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals October 2005 update (www.icmje.org).

Os autores devem submeter o original em processador de Word, fonte 12 (Arial ou Times New-Roman). O texto deve conter, nesta ordem:

(1) Apresentação (página de rosto): (a) Título sintético e preciso, com até 100 caracteres; (b) Autor: nome e sobrenome, este como desejado para indexação; (c) Informações complementares: nome da instituição em que foi feito o estudo, cidade e país; grau e cargo do autor; declaração de conflito de interesses; financiadora; endereço postal e eletrônico para correspondência.

(2) Abstract e Resumo: (a) artigos: até 150 palavras, contendo informação estruturada quanto a: motivo e propósito do estudo, método, resultados, conclusão; (b) notas clínicas ou técnicas e notas históricas: não têm abstract; (c) artigos de revisão: até 200 palavras. O Resumo deve ser precedido pelo Título em português.

(3) Key Words e Palavras-Chave: (a) artigos e artigos de revisão: após Abstract e Resumo, seguindo os Descritores de Ciências da Saúde (<http://decs.bvs.br/>); (b) notas clínicas ou técnicas, notas históricas, resumos de teses e cartas ao editor: não têm Key-Words.

(4) Texto: (a) artigos: até 3000 palavras, excluindo-se as referências, contendo: introdução e objetivo; método (sujeitos e procedimentos, referência explícita quanto

ao cumprimento das normas éticas aplicáveis, incluindo o nome da Comissão de Ética que aprovou o estudo e o Consentimento Informado dos pacientes ou seus familiares); resultados; discussão; agradecimentos; referências. Não repetir no texto dados que constem de tabelas e ilustrações. (b) notas clínicas ou técnicas e notas históricas: o texto não deve ultrapassar 1000 palavras, excluindo-se as referências; (c) artigos de revisão: até 5000 palavras, sem contar as referências, incluindo análise de dados de outros autores ou metanálise, avaliação crítica dos dados da literatura e considerações baseadas em sua experiência pessoal.

(5) Tabelas: (a) artigos e artigos de revisão: até 5, apresentadas em páginas separadas, constando: número de ordem, título e legenda. Não usar barras para separar linhas ou colunas; (b) notas clínicas ou técnicas e notas históricas: até 2, com formato semelhante ao descrito para os artigos.

(6) Ilustrações: (a) artigos e artigos de revisão: até 3, gráficos ou fotos, de boa qualidade, com legendas em páginas separadas; reproduções de ilustrações publicadas: anexar autorização da publicadora e do autor; (b) notas clínicas ou técnicas e notas históricas: até 2, com formato semelhante ao descrito para os artigos. Ilustrações a cores: custos serão repassados ao autor.

(7) Referências: (a) artigos: até 30, restritas àquelas essenciais ao conteúdo do artigo; (b) notas clínicas ou técnicas e notas históricas: até 10; (c) artigos de revisão: até 60. As referências devem: (1) ser numeradas na ordem consecutiva de sua citação ao longo do texto; (2) seguir o padrão do Index Medicus; (3) incluir todos os autores quando até 6; quando 7 ou mais, listar os 3 primeiros, seguidos de "et al."

Modo de fazer a citação: (a) artigos: Autor(es). Título. Periódico ano; volume: páginas inicial-final (com todos os dígitos); (b) livros: Autor(es) ou editor(es). Título. Edição, se não for a primeira. Tradutor(es), se for o caso. Cidade em que foi

publicado: publicadora, ano: páginas inicial-final; (c) capítulos de livros: Autor(es). Título. Editor(es) do livro e demais dados sobre este, conforme o item anterior; (d) resumos: Autor(es). Título, seguido de (Abstr). Periódico ano; volume (Suplemento e seu número, se for o caso): página(s). Quando não publicado em periódico: Título da publicação. Cidade em que foi publicada: publicadora, ano, página(s); (e) livro ou texto on-line: autor(es). Título. Available at www ... (name of the site). Accessed (month day, year); (f) comunicações pessoais só devem ser mencionadas no texto, entre parênteses. As referências que constam dos artigos publicados neste número servem para orientação.

Submissão e tramitação do artigo

A Junta Editorial:

(a) verifica se o artigo está dentro do propósito do periódico, recusando-o quando não satisfizer essa condição; (b) encaminha os artigos selecionados à análise de pelo menos dois pesquisadores da área do tema do artigo, dentro do sistema de arbitragem por pares (peer-review) que, em cerca 30 dias, devem avaliar o conteúdo e forma do texto; (c) recebe e analisa os pareceres dos avaliadores, recusando os artigos julgados insatisfatórios; (d) dá conhecimento dos pareceres dos avaliadores e das sugestões destes aos autores, juntamente com as sugestões editoriais quanto a conteúdo, estrutura, clareza e redação do texto; (e) em até 30 dias recebe dos autores o texto revisto; (f) em cerca 30 dias verifica se o novo texto do artigo inclui as correções e sugestões recomendadas e, se necessário, encaminha o novo texto aos autores para correções adicionais; (g) aceita ou recusa o artigo para publicação.

Aceite do artigo - Os manuscritos serão aceitos pela ordem cronológica , após cumprimento das etapas da tramitação. Todos os manuscritos serão submetidos a

revisor de língua inglesa com experiência em publicações na área neurológica, correndo por conta dos autores os custos dessa revisão.

Publicação ao artigo - Fica subentendido que os autores concordam: (a) com sua publicação exclusiva neste periódico; (b) em transferir automaticamente direitos de cópia e permissões à publicadora do periódico. Os autores assumem a responsabilidade intelectual e legal pelos resultados e pelas considerações apresentados.