

Irradiação contralateral de força para a ativação do músculo tibial anterior em portadores da doença de Charcot-Marie-Tooth: efeitos de um programa de intervenção por FNP

Contralateral force irradiation for the activation of tibialis anterior muscle in carriers of Charcot-Marie-Tooth disease: effect of PNF intervention program

Paula C. Meningroni¹, Carolina S. Nakada¹, Luciana Hata¹, Amanda C. Fuzaro¹, Wilson Marques Júnior², João E. Araujo¹

Resumo

Objetivo: Avaliar a resposta do músculo tibial anterior (TA) após um protocolo de cinco semanas com irradiação contralateral de força através de diagonais de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) em pacientes com polineuropatia desmielinizante associada à doença de Charcot-Marie-Tooth do tipo 1A (CMT-1A). **Métodos:** Participaram deste estudo 12 pacientes, de ambos os sexos. Eles foram tratados em uma frequência de duas vezes por semana, durante cinco semanas. Em cada sessão, foram utilizadas as diagonais de Chopping, extensão-adução com rotação interna (EARI) e flexão-abdução com rotação interna (FARI). As diagonais foram repetidas quatro vezes, em ambos os membros superiores e inferiores; cada diagonal tinha duração média de 6 segundos. Durante as execuções, a resposta muscular do TA foi registrada por um eletromiógrafo de superfície, desprezando-se os 2 segundos iniciais e finais de cada diagonal. A média dos valores de Root Mean Square (RMS) das quatro repetições foi normalizada em porcentagem. Os dados iniciais e finais foram submetidos ao teste em *t* para amostras pareadas com valores de *p* significativos <0,05. **Resultados:** A irradiação de força contralateral, através da diagonal de Chopping à direita e à esquerda, aumentou os valores de RMS em porcentagem do músculo TA na última sessão quando comparados com os valores da primeira sessão (*t*=-3,94 e *t*=-3,87), respectivamente. Na mesma direção, a diagonal EARI aumentou os valores de RMS em porcentagem do músculo TA na última sessão quando comparados com os valores da primeira sessão (*t*=-3,3) e (*t*=-4,58), respectivamente. A única diagonal que não produziu valores maiores de irradiação de força contralateral nos músculos TA direito e esquerdo foi a diagonal FARI (*t*=-2,31) e (*t*=-1,55). **Conclusão:** Esses resultados podem justificar a utilização de um programa de tratamento através de diagonais de FNP em portadores de CMT-1A que possuam dificuldades na ativação do músculo TA.

Palavras-chave: doença de Charcot-Marie-Tooth; técnica de facilitação neuromuscular proprioceptiva; desmielinização periférica; avaliação eletromiográfica.

Abstract

Objective: To evaluate the response of the tibialis anterior (TA) muscle following a five-week protocol with contralateral irradiation force through Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) diagonals in patients with demyelinating polyneuropathy associated with Charcot-Marie-Tooth disease type 1A (CMT-1A). **Methods:** The study included 12 patients of both sexes. They were treated twice-weekly for 5 weeks. At each session, they performed the following diagonal patterns: chopping, extension-adduction with internal rotation (EAIR) and flexion-abduction with internal rotation (FAIR). The diagonals were repeated four times, in both upper and lower limbs, with each repetition lasting six seconds on average. During execution, the response of the TA muscle was recorded by a surface electromyograph disregarding the initial and final two seconds of each diagonal. The mean RMS values of the four repetitions were normalized in percentage. The initial and final data were analyzed through the *t* test for paired samples with significant *p*-values <0.05. **Results:** The contralateral force irradiation with the chopping diagonal to the left and to the right increased the percentage RMS values of the TA muscle in the last session when compared with the values of the first session (*t*=-3.94 and *t*=-3.87, respectively). Similarly, the EAIR diagonal increased the percentage RMS values of the TA muscle in the last session when compared with the values of the first session (*t*=-3.3 and *t*=-4.58, respectively). The only diagonal that did not produce higher values of contralateral force irradiation in the TA muscle, left and right, was the FAIR (*t*=-2.31 and *t*=-1.55). **Conclusion:** These results may justify the use of a treatment program with PNF diagonals in patients with CMT-1A who have difficulty activating the TA muscle.

Key words: Charcot-Marie-Tooth Disease; proprioceptive neuromuscular facilitation technique; peripheral demyelination; electromyographic evaluation.

Recebido: 10/11/2008 – **Revisado:** 26/02/2009 – **Aceito:** 24/04/2009

¹ Laboratório de Bioengenharia, Neuropsicobiologia e Comportamento Motor, Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FMRP/USP), Ribeirão Preto (RP), Brasil

² Departamento de Neurociências e Ciências do Comportamento, FMRP/USP

Correspondência para: João Eduardo de Araujo, Laboratório de Bioengenharia, Neuropsicobiologia e Comportamento Motor, Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, FMRP/USP, Av. dos Bandeirantes, 3.900, CEP 14049-900, Ribeirão Preto (SP), Brasil, e-mail: araujoje@fmrp.usp.br

Introdução

A doença de Charcot-Marie-Tooth (CMT) é a neuropatia periférica hereditária mais prevalente, afetando uma em cada 2500 pessoas no mundo^{1,2}. A doença apresenta variações, sendo 70% de todos os casos de CMT do tipo 1A (CMT-1A). Essa é uma polineuropatia desmielinizante autossômica dominante associada a uma duplicação de DNA no cromossomo 17³⁻⁶. A CMT-1A produz alterações funcionais características, como a redução na velocidade de condução do nervo periférico⁷⁻¹⁰, hipo ou areflexia, perda sensitiva, atrofia da musculatura distal e consequente inaptidão funcional progressiva, que acompanha a evolução da doença¹¹⁻¹³. Os membros inferiores (MMII) dos portadores da doença são os mais afetados, uma das alterações características é o pé caído, produzido por uma atrofia muscular de severidade variável. O pé caído na CMT-1A é gerado primordialmente por uma fraqueza do músculo tibial anterior (TA), mas com contribuição importante da fraqueza dos extensores longos dos dedos e hálux^{14,15}. Apesar da importância da dorsiflexão na marcha normal e do pé caído, uma característica comum dessa doença, não foram encontrados, na literatura, propostas para seu tratamento nesse tipo de patologia¹⁴.

Biópsias musculares de pacientes portadores de CMT-1A, submetidos a um protocolo de fortalecimento muscular de 12 semanas, mostraram que, desde que exista volume suficiente, haverá adaptação muscular ao treino de fortalecimento¹². Aitkens et al.¹⁶ e Kilmer et al.¹⁷ e demonstraram que protocolos de fortalecimento de baixa a moderada intensidade (com pesos no punho e no tornozelo, 12 semanas de tratamento com três semanas em regime submáximo), em pacientes com doenças neuromusculares, incluindo CMT-1A, produzem melhora da força muscular tanto nos membros superiores quanto nos MMII¹⁶. Em outra direção, um protocolo de fortalecimento intenso com aumento na frequência de treinamento no volume e, especialmente, na intensidade (12 semanas, uma série de dez repetições com progressão para até cinco séries, e três vezes semanais com progressão para quatro vezes na semana), aumenta os riscos de lesões induzidas pelo treinamento em pacientes com doenças neuromusculares¹⁷. Nesse sentido, como o demonstrado por Lindeman et al.¹⁸ parece que os protocolos de treinamento de intensidade leve a moderada (três vezes por semana com pesos adaptados à força de cada sujeito) são seguros para pacientes portadores de CMT-1A. Entretanto, Chetlin et al.¹², em um protocolo clássico de fortalecimento moderado por 12 semanas, revelaram que os portadores de CMT-1A do sexo feminino atingiram 80% da força normal em seis de oito exercícios; mas, nesse trabalho, não foram verificados modificações positivas para a musculatura dorsiflexora.

Diversos métodos fisioterapêuticos têm sido utilizados para a reabilitação motora e fortalecimento dos MMII. Entre os métodos mais comumente utilizados, pode-se citar a facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP). A FNP tem como objetivo melhorar (facilitar) o desempenho do sistema neuromuscular pela estimulação de proprioceptores musculares e articulares, utilizando técnicas de irradiação de força muscular¹⁹. Pelo princípio da irradiação, a estimulação de grupos musculares fortes e preservados produz a ativação dos músculos lesados e fracos, facilitando a ativação muscular²⁰.

No entanto, apesar das evidências clínicas, não documentadas, as evidências científicas que comprovam a eficácia dessa forma de tratamento são limitadas no que diz respeito ao fortalecimento e à melhora da ativação muscular nos MMII pós-polineuropatia desmielinizante, associada ou não à doença de CMT-1A²¹. Dessa maneira, este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta do músculo TA após um protocolo de cinco semanas com irradiação contralateral de força através de diagonais de FNP em pacientes com polineuropatia desmielinizante associada à doença de CMT-1A.

Materiais e métodos

Sujeitos

Participaram deste estudo 12 sujeitos, todos portadores da doença de CMT. Dos 12 sujeitos, sete eram do sexo masculino e cinco do sexo feminino. Todos apresentavam alterações funcionais nos MMII. A faixa etária dos pacientes estava entre 22 e 64 anos. Os sujeitos foram recrutados no ambulatório de Neurogenética do Departamento de Neurologia, Psiquiatria e Psicologia Médica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HCFMRP/USP). O diagnóstico da patologia foi realizado por histórico familiar, teste eletrofisiológico e/ou teste genético. Os critérios de admissão no estudo incluíram: boa cognição, capacidade de deambulação com e sem auxílio. Foram excluídos sujeitos com arritmias cardíacas, hipertensão arterial descontrolada, problemas cardiovasculares, problemas respiratórios graves e impossibilidade de comparecer aos atendimentos. O uso de medicamentos próprios ao tratamento da patologia foram aceitos. Os sujeitos que se encaixaram nos critérios de admissão assinaram um termo de consentimento livre para a participação no estudo.

O projeto foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa e Experimentação Humana do HCFMRP/USP, protocolo nº 10354/2007, e registrado no Sistema Nacional de Informação

sobre Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (SISNEP) CAAE - 0434.0.004.000-07, por estar adequado, ética e metodologicamente conforme os preceitos da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Delineamento experimental

Os sujeitos foram admitidos em um único grupo, que recebeu como forma de tratamento diagonais de FNP, com o objetivo de produzir irradiação contralateral de força no músculo tibial anterior (TA). A avaliação dos sujeitos aconteceu na primeira sessão, e a reavaliação foi realizada na última sessão de tratamento.

Protocolo de estimulação

Os pacientes receberam o atendimento com diagonais de FNP em uma frequência de dois dias por semana, durante cinco semanas. Os fisioterapeutas que aplicaram o tratamento por FNP possuem certificação nesse método pela Associação Internacional de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (IPNFA). Cada diagonal específica foi sempre aplicada pelo mesmo fisioterapeuta nos pacientes do grupo experimental. O local de atendimento e das avaliações foi o Centro de Reabilitação (CER) do HCFMRP/USP. As diagonais de FNP utilizadas levaram em consideração a potencialidade e a funcionalidade dos segmentos de cada paciente. As diagonais utilizadas foram: *Chopping* (paciente na posição sentada sem apoio, com os membros superiores em flexão de ombro e extensão de cotovelo), extensão-adução com rotação interna (EARI) e flexão-abdução com rotação interna (FARI) (paciente deitado em decúbito dorsal). Todas as diagonais foram realizadas à direita e à esquerda. As diagonais de *Chopping* utilizam a força do membro superior no movimento diagonal para estimular a contração do tronco e dos MMII. Já os padrões de EARI e FARI utilizam a força de um dos MMII para ativar a musculatura do membro inferior contralateral. Durante a execução das diagonais, os seguintes comandos foram dados aos pacientes: empurre seus braços para baixo na direção do seu joelho esquerdo/direito (*Chopping*), empurre seu pé para baixo e para fora (EARI) e puxe o pé para cima e levante sua perna para fora (FARI). Foi utilizada a resistência máxima suportada por cada um dos pacientes, o que viabilizou a execução do movimento em diagonal por toda sua amplitude de movimento. Cada diagonal foi repedida quatro vezes com uma média de duração de 6 segundos. O intervalo de descanso entre as diagonais foi determinado individualmente por cada paciente. Cada sessão teve a duração de 40 minutos.

Análise eletromiográfica

Para quantificar a resposta de ativação muscular imediatamente antes da primeira e na última sessão do protocolo de cinco semanas com FNP, foram realizadas análises eletromiográficas de superfície por meio de eletrodos nos pontos motores do músculo TA.

A coleta eletromiográfica foi realizada por meio de um equipamento de eletromiografia e biofeedback de quatro canais (EMG System do Brasil, São José dos Campos), utilizando eletrodos adesivos, bipolares duplos (com distância intereletrodo fixa) e descartáveis. Para a realização das coletas, os possíveis pelos na área de colocação dos eletrodos foram retirados, utilizando-se um aparelho de barbear descartável. Foi realizada uma abrasão na pele do paciente, por meio de uma lixa de unha, para a retirada de células mortas, e a área posteriormente foi limpa com álcool a 70%²²⁻²⁴. Os eletrodos foram então colocados no ponto motor do músculo TA. Todos os procedimentos de preparação da pele e colocação de eletrodos foram realizados de acordo com as recomendações do projeto da União Européia de Eletromiografia de Superfície para a Abordagem não Invasiva Muscular (SENIAM)²⁵. A coleta do sinal eletromiográfico foi realizada durante a execução das diagonais de FNP. Como cada diagonal tinha duração média de 6 segundos, desprezavam-se os 2 segundos iniciais e finais de cada coleta. Para a aquisição dos dados, utilizou-se o software *DATAQ Instruments Hardware Manager*.

Estatística

Como as diagonais foram repetidas quatro vezes em cada segmento, considerou-se a média dos quatro valores de Root Mean Square (RMS) para cada diagonal (RMS execução 1+ RMS execução 2+ RMS execução 3+ RMS execução 4 ÷ 4 = RMS da diagonal). Os dados dos valores de RMS obtidos na primeira sessão foram normalizados por sua transformação em porcentagem. Nesse sentido, a média de RMS de cada diagonal no início do tratamento corresponde a 100% da ativação do músculo TA. Os valores de RMS obtidos na última sessão foram normalizados em porcentagem, levando-se em consideração os valores obtidos na primeira avaliação. Após as normalizações, os dados da primeira e da última sessão foram submetidos ao teste em t para amostras pareadas.

Resultados

A análise dos dados mostrou um aumento dos valores de RMS em porcentagem nos pacientes em sua última sessão de tratamento quando comparados a sua primeira sessão.

A irradiação de força contralateral, através da diagonal de Chopping à direita e à esquerda, aumentou os valores de RMS em porcentagem do músculo TA na última sessão quando comparados com os valores da primeira sessão ($t=-3,94$; $P<0,05$) e ($t=-3,87$; $p<0,05$), respectivamente (Figura 1). Na mesma direção, a diagonal de EARI aumentou os valores de RMS em porcentagem do músculo TA na última sessão quando comparados com os valores da primeira sessão ($t=-3,3$; $P<0,05$) e ($t=-4,58$; $p<0,05$), respectivamente (Figura 2). A única diagonal que não produziu valores maiores de irradiação de força contralateral nos músculos TA direito e esquerdo foi a diagonal de FARI na ($t=-2,31$; $p>0,05$) e ($t=-1,55$; $p>0,05$) (Figura 3).

Discussão

Está bem documentado que na CMT-1A existe uma marcante redução da velocidade de condução nervosa pelos nervos periféricos^{7,8} e que essa modificação é mais pronunciada nos MMII dos portadores da doença¹⁴. Essa modificação neural possibilita a atrofia da musculatura distal e inaptidão para a marcha^{12,13}.

Neste trabalho, todos os pacientes apresentaram uma maior ativação RMS no músculo TA na avaliação final ao término do protocolo com as diagonais de FNP. Para esse resultado, utilizou-se o tratamento indireto, fundamentado no conceito de irradiação de força muscular que acontece ipsi e contralateral à diagonal realizada^{19,26}. Nesse sentido, Markos²⁷, em 1979, já mostrou a viabilidade dessa modalidade de tratamento, uma vez que conseguiu aumentar a atividade eletromiográfica e o grau de flexão de quadril em indivíduos normais. Diferentemente do citado acima, os dados do presente trabalho se referem somente à irradiação contralateral de força muscular a diagonal realizada.

A escolha dessa modalidade de tratamento de FNP foi fundamentada na evidência de que treinamentos físicos de baixa e moderada intensidade aumentam a força muscular em pacientes com CMT-1A¹⁶, e protocolos com intensidades mais fortes podem provocar lesões musculares nesses pacientes¹⁷. Ao utilizar os músculos mais fortes e distantes do alvo da irradiação de força, pôde-se prevenir riscos de lesões musculares aos sujeitos que participaram deste estudo. Durante o protocolo, utilizaram-se diagonais de membros superiores e inferiores. Nesses segmentos, os padrões de diagonais foram selecionados como sendo os de maior habilidade e potencialidade de geração de força nos sujeitos que participaram do trabalho.

Dados de ativação muscular, obtidos por meio de eletromiografia de superfície, são dependentes das características biofísicas dos músculos e dos neurônios motores^{28,29}. Apesar de não se ter quantificado o trofismo muscular antes e depois do protocolo, acredita-se que as dez sessões de FNP, que ativaram o TA através de irradiação de força muscular, não tenham produzido

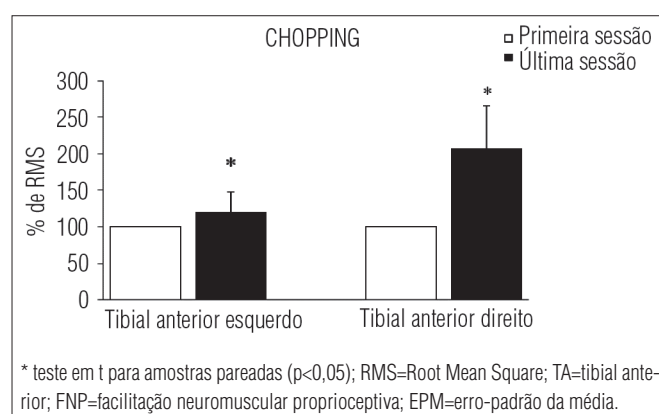


Figura 1. Gráfico representativo dos valores de RMS em porcentagem no músculo TA direito e no esquerdo na primeira e na última sessão com a diagonal de FNP Chopping à direita e à esquerda. As colunas representam as médias e as barras \pm EPM. O número de sujeitos = 12.

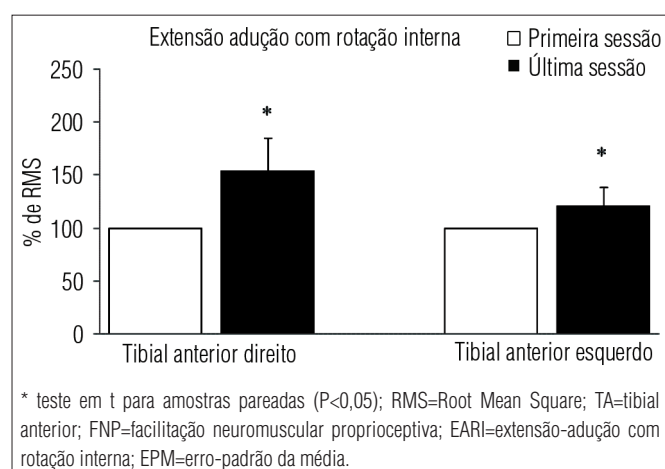


Figura 2. Gráfico representativo dos valores de RMS em porcentagem no músculo TA direito e no esquerdo na primeira e na última sessão com a diagonal de FNP EARI, à direita e à esquerda. As colunas representam as médias e as barras \pm EPM. O número de sujeitos = 12.

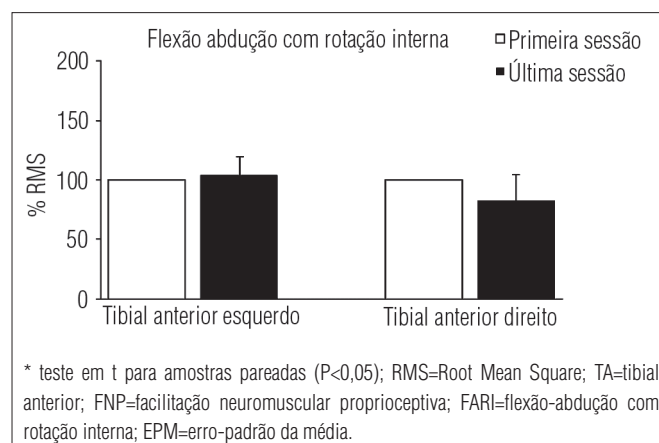


Figura 3. Gráfico representativo dos valores de RMS em porcentagem no músculo TA direito e no esquerdo na primeira e na última sessão com a diagonal de FNP FARI, à direita e à esquerda. As colunas representam as médias e as barras \pm EPM. O número de sujeitos = 12.

um aumento importante no trefismo muscular que poderia justificar tais resultados. Como já demonstrado por Gabriel, Kamen e Frost³⁰, em 2006, quando o aumento da amplitude do EMG não é acompanhado por hipertrofia, é uma evidência da alteração da condução neural para o músculo. Nesse sentido, acredita-se que a maior ativação RMS do TA, através de fenômenos de irradiação de força muscular, possa ter ocorrido por uma melhora na condução nervosa periférica³¹. Entretanto, essa hipótese necessita de maior comprovação, uma vez que nessa patologia esse fenômeno ainda não foi descrito.

Dos padrões utilizados nesse trabalho, apenas o padrão contralateral de FARI não foi capaz de aumentar os valores de ativação RMS do TA. A possível explicação para a baixa irradiação contralateral de força muscular é que, nessa diagonal, o padrão facilitado seria a flexão plantar e não a dorsiflexão. Já as outras diagonais utilizadas nos membros superiores e MMII estavam adequadas à produção de dorsiflexão contralateral ao movimento resistido. Entretanto, é necessária a investigação futura, em outros grupos de portadores de CMT-1A, para

verificar se existe, nesses sujeitos, alguma característica biomecânica que poderia interferir nos mecanismos de irradiação de força muscular, justificando o pior desempenho na irradiação de força nesse padrão de diagonal.

Dessa maneira, esses resultados podem justificar a utilização de um programa de tratamento através de diagonais de FNP em portadores de CMT-1A que possuam dificuldades na ativação do músculo TA. Ainda, o fenômeno de irradiação de força muscular contralateral, através dos padrões de diagonais de FNP utilizados nesse estudo, é uma ferramenta terapêutica efetiva como descrita nos manuais do método.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro (bolsas de iniciação científica e mestrado). Esse trabalho foi financiado com verba do edital Genética Clínica, projeto CNPq 408861/2006-1.

Referências bibliográficas

1. Brose A, Parise G, Tarnopolsky MA. Creatine supplementation enhances isometric strength and body composition improvements following strength exercise training in older adults. *J Gerontol Biol Sci.* 2003;58(1):11-9.
2. Reilly MM. Genetically determined neuropathies. *J Neurol.* 1998;245(1):6-13.
3. Raeymaekers P, Timmerman V, Nelis E, De Jonghe P, Hoogendijk JE, Baas F, et al. Duplication in chromosome 17p11.2 in Charcot-Marie-Tooth neuropathy type 1a (CMT 1a). *Neuromuscul Disord.* 1991;1(2):93-7.
4. Hallam PJ, Harding AE, Berciano J, Barker DF, Malcolm S. Duplication of part of chromosome 17 is commonly associated with hereditary motor and sensory neuropathy type I (Charcot-Marie-Tooth disease type I). *Ann Neurol.* 1992;31(5):570-2.
5. Birouk N, Gouider R, Le Guern E, Gugenheim M, Tardieu S, Maisonobe T, et al. Charcot-Marie-Tooth disease type 1A with 17p11.2 duplication. Clinical and electrophysiological phenotype study and factors influencing disease severity in 119 cases. *Brain.* 1997;120(Pt 5):813-23.
6. Dyck PJ, Lambert EH. Lower motor and primary sensory neuron diseases with peroneal muscular atrophy. I. Neurologic, genetic, and electrophysiologic findings in hereditary polyneuropathies. *Arch Neurol.* 1968;18(6):603-18.
7. García A, Combarros O, Calleja J, Berciano J. Charcot-Marie-Tooth disease type 1A with 17p duplication in early infancy and childhood. A longitudinal clinical and electrophysiological study. *Neurology.* 1998;50:1061-7.
8. Pareyson D, Marchesi C. Diagnosis, natural history, and management of Charcot-Marie-Tooth disease. *Lancet Neurol.* 2009;8:654-67.
9. Dyck PJ. Inherited neuronal degeneration and atrophy affecting peripheral motor, sensory and autonomic neurons. In: Dyck PJ, Thomas PK, Lambert EH, editors: *Peripheral neuropathy.* Philadelphia: W.B. Saunders Co; 1975. p. 1600-42.
10. Dyck PJ, Chance P, Lebo R, Carney JA. Hereditary motor and sensory neuropathies. In: Dyck PJ; Thomas PK, Griffon JW editors: *Peripheral Neuropathy.* 3ª ed. Philadelphia: W.B. Saunders Co; 1993. p. 1094-136.
11. Marques W Jr, Freitas MR, Nascimento OJ, Oliveira AB, Calia L, Melo A, et al. 17p Duplicated Charcot-Marie-Tooth 1A: characteristics of a new population. *J Neurol.* 2005;252(8):972-9.
12. Chetlin RD, Gutmann L, Tarnopolsky M, Ullrich IH, Yeater RA. Resistance training exercise and creatine in patients with Charcot-Marie-Tooth disease. *Muscle Nerve.* 2004;30(1):69-76.
13. Lukas RC, Koslow R. Comparative study of static dynamic and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques on flexibility. *Percept Mot Skills.* 1984;58(2):615-8.
14. Sackley C, Disler PB, Turner-Stokes L, Wade DT. Rehabilitation interventions for foot drop in neuromuscular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007;2:CD003908.

15. Sabir M, Lyttle D. Pathogenesis of pes cavus in Charcot-Marie-Tooth disease. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;175:173-8.
16. Aitkens S, McCrory MA, Kilmer DD, Bernauer EM. Moderate resistance exercise program: its effect in slowly progressive neuromuscular disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74(7):711-5.
17. Kilmer DD, McCrory MA, Wright NC, Aitkens SG, Bernauer EM. The effect of a high resistance exercise program in slowly progressive neuromuscular disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994;75(5):560-3.
18. Lindeman E, Leffers P, Spaans F, Drukker J, Reulen J, Kerckhoffs M, et al. Strength training in patients with myotonic dystrophy and hereditary motor and sensory neuropathy: a randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(7):612-20.
19. Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice – an illustrated guide. 2nd ed. NewYork: Springer-Verlag; 2000.
20. Kofotolis N, Vrabas IS, Vamvakoudis E, Papanikolaou A, Mandroukas K. Proprioceptive neuromuscular facilitation training induced alterations in muscle fibre type and cross sectional area. *Br J Sports Med.* 2005;39(3):11.
21. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Pub Health.* 1992;83 Suppl 2:7-11.
22. Konrad P. The ABC of EMG: a practical introduction to kinesiological electromyography. Boston: Noraxon EMG & Sensor Systems; 2005.
23. Merletti R, Parker PA. Electromyography: physiology, engineering, and non-invasive applications. New Jersey: Wiley-IEEE Press; 2004.
24. Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Maryland: Aspen Publishers; 1998.
25. Hermens JH, Hägg G, Freriks B. SENIAM 2 European Applications of Surface Electromyography [homepage na Internet]. Netherlands: Roessingh Research and Development. [atualizada em Jun 1997; acesso em 07 Nov 2008]. Disponível em: <http://www.seniam.org>
26. Pink M. Contralateral effects of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Phys Ther.* 1981;61(8):1158-62.
27. Markos PD. Ipsilateral and contralateral effects of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques on hip motion and electromyographic activity. *Phys Ther.* 1979;59(11):1366-73.
28. Deschenes M, Judelson DA, Kraemer WJ, Meskaitis VJ, Volek JS, Nindl BC, et al. Effects of resistance training on neuromuscular junction morphology. *Muscle Nerve.* 2000;23(10):1576-81.
29. Karelis A, Marcil M, Péronnet F, Gardiner PF. Effect of lactate infusion on M-wave characteristics and force in rat plantaris muscle during repeated stimulation in situ. *J Appl Physiol.* 2004;96(6):2133-8.
30. Gabriel DA, Kamen G, Frost G. Neural adaptations to resistive exercise - mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med.* 2006;36(2):133-49.
31. Lindeman E, Spaans F, Reulen J, Leffers P, Drukker J. Progressive resistance training in neuromuscular patients. Effects on force and surface EMG. *J Electromyogr Kinesiol.* 1999;9:379-84.