

Recebido em 10/2017. Aceito para publicação em 08/2018.

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR NO MÚSCULO TRÍCEPS SURAL DE INDIVÍDUOS HEMIPARÉTICOS CRÔNICOS

EFFECTS OF NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION WHEN APPLIED TO TRÍCEPS SURAE MUSCLE OF CHRONIC HEMIPARETIC SUBJECTS

Cibele Cristina Andrade Silva¹
Liara de Oliveira Czegelski²
Izabela dos Santos Mendes³
Marcele Florêncio das Neves⁴
Pamela Lisbôa do Prado⁵
Fernanda Pupio Silva Lima⁶
Mario Oliveira Lima⁷
Sergio Takeshi Tatsukawa de Freitas⁸

Resumo: A estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) tem sido utilizada como recurso terapêutico para ganho de força muscular e diminuição da hipertonía espástica. O objetivo do estudo foi verificar os efeitos da EENM aplicado no músculo gastrocnêmio medial dos indivíduos com hemiparesia espástica após AVE e verificar se a EENM promove inibição recíproca. Foi realizado um estudo experimental em seis indivíduos hemiparéticos espásticos após AVE, em que foi aplicado a EENM no músculo gastrocnêmio medial do lado parético. Utilizou a eletromiografia de superfície para obtenção da atividade elétrica do músculo tibial anterior e gastrocnêmio medial durante o movimento de dorsiflexão e flexão plantar do tornozelo. Para a verificação de existência de diferenças estatísticas entre as médias dos dados, utilizou-se a análise de variância – Anova. Os resultados indicam que a EENM aplicado no músculo gastrocnêmio medial pode promover inibição recíproca no movimento de flexão plantar ($p=0,005$); no entanto, durante o movimento de dorsiflexão, a maioria dos pacientes não apresentou inibição recíproca significativa ($p>0,005$). Em relação à atividade mioelétrica, o músculo gastrocnêmio medial e tibial anterior foi menor para a maioria dos pacientes. Conclui-se que a EENM,,,,, quando aplicado no músculo gastrocnêmio medial associado ao alongamento passivo por meio de inibição autógena, pode estimular a inibição recíproca da articulação do tornozelo do membro comprometido, assim como promover a diminuição da atividade mioelétrica do músculo gastrocnêmio medial.

Palavras-chave: Espasticidade muscular; estimulação elétrica; eletromiografia.

Abstract: Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) has been used as a therapeutic resource to gain muscle strength and decreased spastic hypertonia. The aim of this study was to investigate the effects of NMES applied to the medial gastrocnemius muscle of subjects with spastic hemiparesis after a stroke. An experimental study was conducted with six chronic stroke individuals with spastic hemiparesis, average age of $65\pm 6,3$ years. They were submitted to NMES in the medial gastrocnemius muscle of the paretic side. Surface electromyography was used to obtain the electrical activity of the tibialis anterior and medial gastrocnemius during dorsiflexion and plantar flexion of the ankle before and after NMES. The one-way

¹ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, Brasil. E-mail: cibeles_andradesjc@yahoo.com.br.

² Universidade do Vale do Paraíba - Univap, Brasil. E-mail: licaczo@gmail.com.

³ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, Brasil. E-mail: izabela@univap.br.

⁴ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, Brasil. E-mail: mneves@univap.br.

⁵ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, Brasil. E-mail: pamelaalisboa@gmail.com.

⁶ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, Brasil. E-mail: fpupio@univap.br.

⁷ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, Brasil. E-mail: mol@univap.br.

⁸ Universidade do Vale do Paraíba - Univap, Brasil. E-mail: contato@brainmov.com.br.

analysis of variance (ANOVA) was used to determine whether there are any significant differences between the means. The results indicate that NMES applied to the medial gastrocnemius muscle can promote mutual inhibition in plantar flexion ($p = 0.005$), however, during dorsiflexion most patients showed no significant mutual inhibition ($p > 0.005$). Regarding myoelectric activity, the medial gastrocnemius and tibialis anterior was lower for most patients. We concluded that when applied NMES to the medial gastrocnemius muscle associated with passive stretching through autogenous inhibition may stimulate reciprocal inhibition of ankle joint of the committed member as well as promoting the decrease in myoelectric activity of the medial gastrocnemius muscle.

Keywords: Spasticity; electric stimulation; electromyography.

1. INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é a principal causa de incapacidade crônica em indivíduos adultos, sendo que a maioria apresenta sequelas de hemiparesia espástica com recuperação limitada, em que 65% dos pacientes podem adquirir marcha inadequada, aumentando o risco de quedas e evoluindo com maiores complicações que prejudicam suas atividades funcionais (DALY *et al.*, 2006; KNUTSON; CHAE, 2010; YANG, 2012).

As principais alterações encontradas na marcha do hemiparético espástico são elevação excessiva do quadril, ausência do apoio do calcanhar, diminuição na fase de apoio, diminuição do impulso no início da fase de balanço. Porém a principal causa da incapacidade da marcha é a ausência ou diminuição da dorsiflexão do tornozelo durante a fase de balanço, isso faz com que o indivíduo arraste o pé, gerando insegurança na deambulação (KNUTSON; CHAE, 2010; KESAR; PERUMAL; JANCOSKO, 2012).

A intervenção fisioterápica tem papel importante no processo de recuperação no indivíduo com sequela de AVE, pois dentro da ciência aplicada tem-se como objetivo preservar, manter, desenvolver ou recuperar a integridade de suas funções sensório motora, especificamente, auxilia na restauração das funções perdidas, melhorando assim suas atividades funcionais (CARR; SHEPHERD, 2016; VALENTE *et al.*, 2016).

Existem vários tipos de recursos terapêuticos para estimular os músculos do tornozelo, a fim de melhorar a deambulação dos indivíduos com sequela de hemiparesia espástica, gerando, assim, mais segurança. Atualmente, os mais utilizados são AFO e AFO DE CARBONO (órtese tornozelo pé) e (EENM) Estimulação Elétrica Neuromuscular (MAPLE; TONG; LI, 2008; KESAR *et al.*, 2010; KESAR; PERUMAL; JANCOSKO, 2012).

A EENM vem sendo utilizada em indivíduos com hemiparesia espástica crônica, gerando o aumento da força muscular, diminuição da espasticidade e aprendizagem sensório motora (LIMA *et al.*, 2008; HSU *et al.*, 2010; AMBROSINI *et al.*, 2011; LIN; YAN, 2011). No entanto, a aplicação da EENM, na maioria das vezes, vem sendo aplicada nos músculos antagonistas ao espásticos; por exemplo, aplicação no músculo tibial anterior para estimular o movimento de dorsiflexão (YAVUZER *et al.*, 2006; KNUTSON; CHAE, 2010).

Por outro lado, a literatura é escassa em relação ao efeito e comportamento da EENM, quando aplicada no músculo gastrocnêmio medial em indivíduos com sequela de AVE. Kesar *et al.* (2010) aplicaram a Estimulação Elétrica Funcional (FES) nos músculos dorsiflexores e flexores plantares do tornozelo do lado parético, em que observaram melhora na fase de balanço e de apoio durante a marcha dos pacientes hemiparéticos após AVE.

O entendimento do comportamento da inibição recíproca e o fenômeno de co-contratação dos músculos da articulação do tornozelo, em indivíduos com hemiparesia espástica, pode ser auxiliado por meio da eletromiografia de superfície (KIM *et al.*, 2005).

Estudos clínicos afirmam que a técnica de superfície é um método válido para avaliação da atividade neuromuscular de indivíduos hemiparéticos espásticos, pois favorece a elucidação das alterações ocorridas no sistema músculo esquelético (LUKÁCS; VÉCSEI; BENICZKY, 2009; SILVA *et al.*, 2012).

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi verificar os efeitos da EENM quando aplicada no músculo tríceps sural dos indivíduos com hemiparesia espástica após AVE e verificar se a EENM pode promover a inibição recíproca sobre essa musculatura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo clínico experimental longitudinal. A amostra foi escolhida de forma aleatória e de ambos os gêneros, constituindo o Grupo Experimental. Este foi composto por seis voluntários com diagnóstico médico de AVE, com idade média de $65 \pm 6,3$ anos.

Tabela 1 - Dados demográficos dos voluntários do estudo.

Voluntário	Sexo	Idade	Escala de Ashworth
1	Masculino	72	1
2	Masculino	69	1+
3	Masculino	58	1
4	Masculino	55	2
5	Feminino	70	2
6	Masculino	67	1+

O estudo foi realizado no Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório Motora da Universidade do Vale do Paraíba, após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) sob protocolo nº CAAE: 03559712.6.0000.0077 e registro no

ClinicalTrials (NCT01945151). Após receber as informações sobre o estudo, os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Entre os critérios de inclusão, foram considerados os seguintes aspectos: diagnóstico médico de AVE superior a um ano; presença de hemiparesia espástica grau 1, 1+ e 2 do músculo gastrocnêmio medial, segundo a Escala de *Ashworth* Modificada; deambulação com ou sem dispositivos de auxílio.

Como critérios de exclusão foram considerados indivíduos com encurtamento grave e/ou rigidez presente na articulação do tornozelo que limita a amplitude de movimento e dificuldade em compreender o estímulo verbal.

Inicialmente, foi realizada triagem dos voluntários para coleta dos dados pessoais e avaliação clínica do grau de espasticidade por meio da Escala de *Ashworth* Modificada. Após o recrutamento dos voluntários com diagnóstico de AVE, foram realizadas as coletas de dados pré-tratamento, baseada na avaliação da atividade eletromiográfica dos músculos gastrocnêmio medial e tibial anterior durante o movimento do tornozelo de flexão plantar e dorsiflexão do membro hemiparético. Posteriormente, ao completar cinco sessões de tratamento consecutivas, os voluntários foram submetidos ao mesmo protocolo de avaliação de eletromiografia de superfície.

O procedimento de tratamento foi constituído pela aplicação de EENM no músculo gastrocnêmio medial. Foi utilizado o EENM da marca QUARKER, com os seguintes parâmetros: 50Hz, comprimento de onda de 300m/s, 10 segundos de contração, e 20 segundos de repouso, totalizando 20 minutos.

Durante a aplicação da EENM, os voluntários permaneceram sentados, de forma confortável, mantendo os joelhos estendidos de modo que o músculo gastrocnêmico medial permanecesse livre para a aplicação de EENM.

Os eletrodos de EENM foram aplicados sobre o ponto motor do gastrocnêmio medial. Os indivíduos foram orientados a realizarem contração voluntária em todo o período que recebiam o estímulo elétrico, e durante o repouso, quando cessava a estimulação foi realizado alongamento passivo do músculo gastrocnêmio medial (inibição autógena).

Instrumentos de avaliação

Os instrumentos utilizados para avaliação dos voluntários foram:

- Ficha de Triagem: Contendo os dados pessoais dos voluntários e questionamentos sobre a patologia como diagnóstico médico e tempo de lesão.
- Escala de *Ashworth* Modificada: paciente é posicionado em decúbito dorsal com o joelho estendido do lado parético em que o terapeuta realiza um movimento rápido e brusco de dorsiflexão e flexão plantar para verificar a resistência do movimento passivo, classificando o grau de hipertonía elástica.

- Eletromiografia (EMG) de superfície: A aquisição do sinal elétrico muscular foi realizada por um eletromiógrafo de oito canais, modelo EMG830 WF, com as seguintes características técnicas: placa de conversão analógico-digital (A/D) de 16 bits de resolução; eletrodo pré-amplificado bipolar diferencial com ganho de 20 vezes, totalizando amplificação final de 1000 vezes; impedância > 10 M Ohms, taxa de ruído do sinal < 3 μ V RMS, rejeição de modo comum > 120 dB, filtro analógico passa-faixa de 20-500Hz; frequência de amostragem ajustada para 2 kHz por canal.

Para a aquisição dos sinais, foram utilizados eletrodos de superfície de Ag/AgCl (prata/cloreto de prata) em forma de disco, bipolares ativos (pré-amplificado), com tamanho de 10 milímetros e distância entre o centro do eletrodo de 20 milímetros entre eles. Antes de fixar os eletrodos, foi realizada a remoção de impurezas e resíduos do local com álcool 70%, e tricotomia para minimizar a impedância da pele (MERLETTI; TORINO, 1999).

Os eletrodos de superfície foram untados com gel condutor e colocados aos pares sobre o ponto motor dos músculos gastrocnêmio medial e tibial anterior, conforme o protocolo *Surface-EMG for the Non Invasive Assessment of Muscle* (SENIAM), acompanhando o sentido longitudinal das fibras musculares. O eletrodo de referência do tipo pregador foi posicionado sobre o processo estilóide da ulna do lado afetado.

Os sinais mioelétricos foram coletados com o sujeito em sedestação, membro hemiparético estendido, apoiado e joelho estabilizado com auxílio do terapeuta. O indivíduo foi orientado a realizar, durante 20 segundos ininterruptos, movimentos de dorsiflexão e flexão plantar do tornozelo do hemicorpoparético.

Para a análise dos dados, considerando o tempo total da coleta de 20 segundos, foram selecionados os trechos relacionados à contração muscular do agonista associado ao relaxamento do músculo antagonista, obtendo-se o valor médio quadrático RMS – *Root Mean Square*.

Os dados foram agrupados em uma planilha da *Microsoft Office Excel*®2013, em que as linhas representavam os indivíduos e as colunas os valores de RMS, sendo realizada uma média das contrações e relaxamentos obtidos de cada músculo para posterior análise estatística.

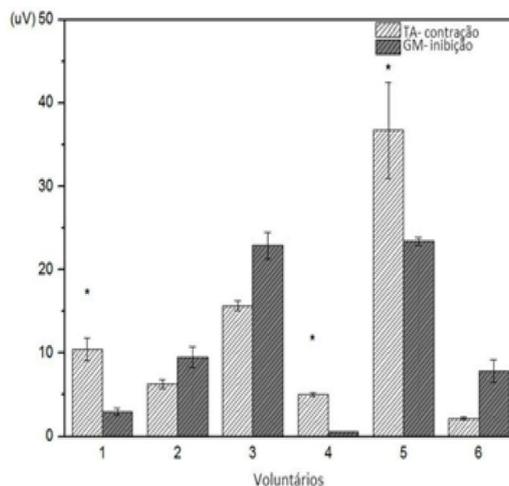
Foi realizada a análise estatística paramétrica, por meio do *software BioEstat*® versão 5.3. Para a verificação de existência de diferenças estatísticas entre as médias dos dados, utilizou-se a análise de variância - *Anova One Way*. Nesse estudo, o nível de significância de cada comparação foi definido como estatisticamente significativo valor de $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS

A Figura 1 representa o voluntário 1 ($p=0,0046$), 4 ($p=0,0008$) e 5 ($p=0,0173$)

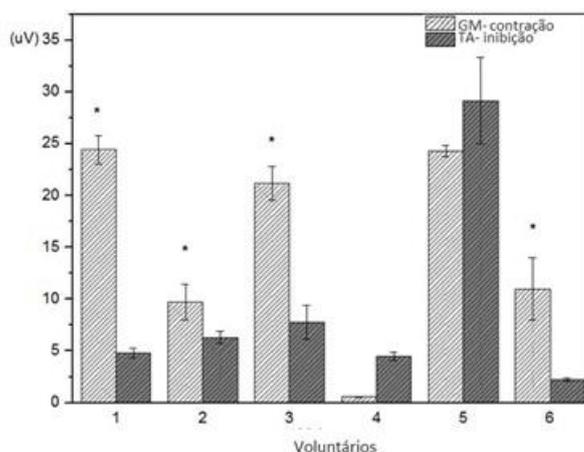
demonstraram inibição recíproca com valores significativos, porém os voluntários 2, 3 e 6 apresentaram o fenômeno de co-contração, devido ao recrutamento inverso de fibras.

Figura 1 - Inibição recíproca entre os músculos tibial anterior (TA) e gastrocnêmio medial (GM) durante o movimento de dorsiflexão do tornozelo, antes da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) - São José dos Campos, agosto de 2014.



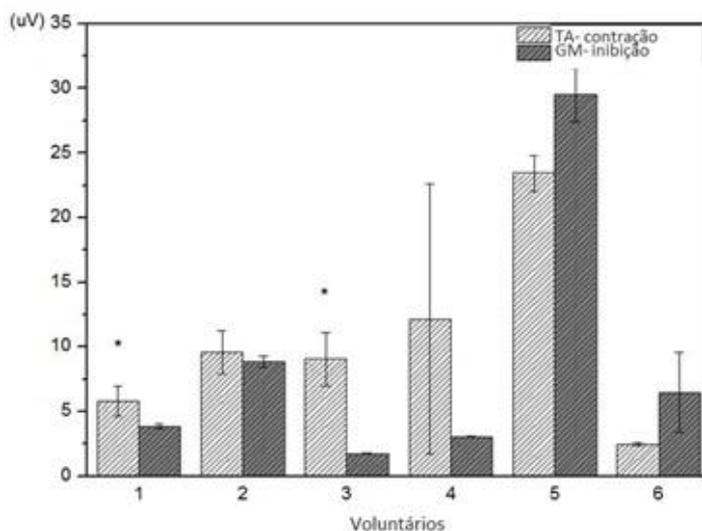
A Figura 2 representa os voluntários 1 ($p=0,0008$), 2 ($p=0,0357$), 3 ($p=0,0008$) e 6 ($p=0,0372$), em que demonstra inibição recíproca com valores significativos, porém os voluntários 4 e 5 apresentaram o fenômeno de co-contração, devido ao recrutamento inverso de fibras.

Figura 2 - Inibição recíproca entre os músculos tibial anterior (TA) e gastrocnêmio medial (GM) durante o movimento de flexão plantar do tornozelo, antes da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) - São José dos Campos, agosto de 2014.



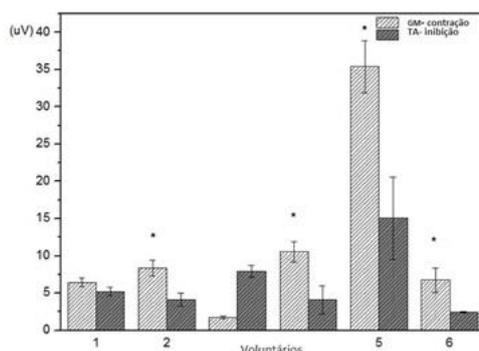
A Figura 3 representa os voluntários 1 ($p=0,0459$) e 3 ($p=0,0023$) os quais demonstraram inibição recíproca com valores significativos, porém os voluntários 5 e 6 representaram o fenômeno de co-contração, devido ao recrutamento inverso de fibras. Os voluntários 2 e 3, antes da aplicação da EENM, apresentavam o fenômeno de co-contração, após a aplicação do recurso terapêutico passaram a apresentar o fenômeno de inibição recíproca, enquanto que o voluntário 5 apresentava o fenômeno de inibição recíproca e passou a apresentar o fenômeno de co-contração, após a EENM.

Figura 3 - Inibição recíproca entre os músculos tibial anterior (TA) e gastrocnêmio medial (GM) durante o movimento de dorsiflexão do tornozelo, após a estimulação elétrica neuromuscular (EENM) - São José dos Campos, agosto de 2014.



A Figura 4 representa os voluntários 2 ($p=0,0074$), 4 ($p=0,0003$) e 5 ($p=0,0027$) e 6 ($p=0,0467$), os quais demonstraram inibição recíproca com valores significativos, porém o voluntário 3 apresentou o fenômeno de co-contracção, devido ao recrutamento inverso de fibras, sendo que, antes da aplicação da EENM, ele havia apresentado o fenômeno de inibição recíproca.

Figura 4 - Inibição recíproca entre os músculos tibial anterior (TA) e gastrocnêmio medial (GM) durante o movimento de flexão plantar do tornozelo, após da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) - São José dos Campos, agosto de 2014.

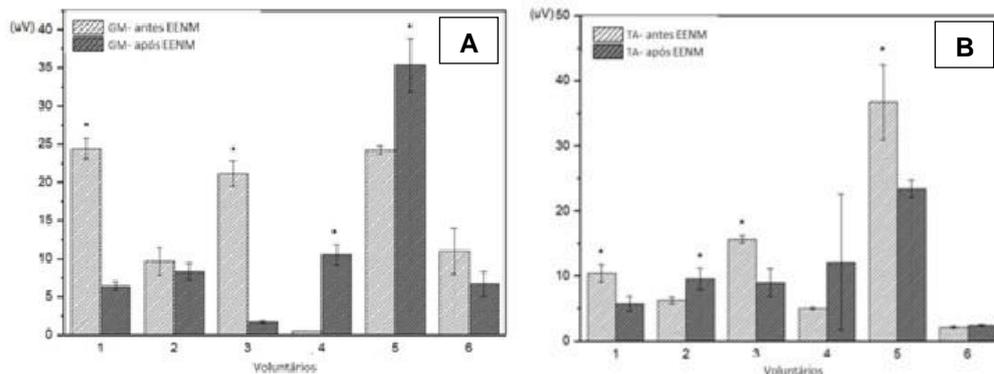


A Figura 5 (A) representa os sinais de eletromiografia do músculo gastrocnêmio medial durante o movimento de flexão plantar, antes e após a aplicação de EENM, em que é possível observar a diminuição no recrutamento de fibras musculares após a aplicação de EENM, significativo para os indivíduos 1 ($p=0,0035$) e 3 ($p=0,0004$), porém os indivíduos 2 e 6 não foram significativos, enquanto que os indivíduos 4 ($p=0,0010$) e 5 ($p=0,0068$) apresentaram maior recrutamento de fibras, após a EENM.

A Figura 5 (B) representa que foi possível observar a diminuição no recrutamento de fibras musculares após a aplicação de EENM, sendo significativo para os indivíduos

1 ($p=0,012$), 3 ($p=0,007$) e 5 ($p=0,001$). O indivíduo 2 ($p=0,031$) apresentou maior recrutamento de fibras após a EENM, e o indivíduo 4 ($p=0,301$) não apresentou aumento significativo.

Figura 5 (A). Contrações do músculo gastrocnêmio medial (GM) antes e após estimulação elétrica neuromuscular (EENM). (B): Contrações do músculo tibial anterior (TA) antes e após estimulação elétrica neuromuscular (EENM) - São José dos Campos, agosto de 2014.



Pode-se verificar, também, que após aplicação da EENM os indivíduos obtiveram diminuição da atividade mioelétrica do músculo gastrocnêmio medial, porém alguns indivíduos obtiveram aumento e outra diminuição da atividade mioelétrica do músculo tibial anterior, assim a EENM deve ser aplicada diretamente no músculo espástico.

4. DISCUSSÃO

A maioria dos pacientes que sofreram AVE evoluem com quadro de hemiplegia espástica; no entanto, a espasticidade pode ser benéfica ou maléfica. Os fatores benéficos são melhora da circulação sanguínea, diminuição do trofismo muscular e facilitação nas transferências, porém com espasticidade aumentada pode gerar o fenômeno de co-contração, provando lentidão do movimento, aumento do tempo de reação e dificuldades de vida diária (JOZEFCZYK, 2002).

O fenômeno de co-contração não foi observado no músculo gastrocnêmio medial em indivíduos com quadro de hemiparesia espástica (BECHER et al., 1998).

O presente estudo verificou que, durante o movimento de dorsiflexão do tornozelo dos indivíduos com hemiparesia espástica, apenas os indivíduos 1, 4 e 5 apresentaram inibição recíproca, e os indivíduos 2, 3 e 6 demonstraram contração inversa. No movimento de flexão plantar, foi observada inibição recíproca nos indivíduos 1, 2, 3 e 6.

Os pacientes com hemiplegia espástica adquirem pé equino varo, devido à hipertonia do músculo tríceps sural. A EENM é um recurso muito utilizado no músculo tibial anterior, para melhorar o movimento de dorsiflexão do tornozelo, podendo facilitar a fase de balanço da marcha, associado com os exercícios de cinesioterapia (YAVUZER

et al.,2006; YAMAGUCHI et al.,2012).

No presente estudo, a EENM foi aplicada no músculo gastrocnêmio medial, em cinco sessões consecutivas, associadas com alongamento passivo no membro inferior comprometido dos Hemiparéticos espásticos. Observou-se que apenas os indivíduos 1 e 3 apresentaram a inibição recíproca no movimento de dorsiflexão do tornozelo; porém, durante o movimento de flexão plantar do tornozelo, após aplicação de EENM, verificou que os indivíduos 2,4,5 e 6 apresentaram a inibição recíproca.

Além da inibição recíproca, outro fator importante do efeito da EENM no músculo espástico seria o aumento ou diminuição da atividade mioelétrica, em que aplicaram a EENM no músculo extensores e flexores do joelho, associada com cinesioterapia, em indivíduos hemiparéticos espásticos, e verificou-se a diminuição da espasticidade e aumento da força dos músculos flexores do joelho (LIMA et al.,2008).

Corroborando com outro estudo em que aplicaram a EENM no músculo tríceps sural, verificou-se a diminuição da espasticidade após avaliação da escala de Ashworth Modificada, porém a aplicação foi realizada nos indivíduos com lesão medular completa (SALM et al., 2006).

No presente estudo, aplicação de EENM no músculo gastrocnêmio medial espástico dos indivíduos hemiparéticos, observou-se que os indivíduos 1, 3 e 5 apresentaram diminuição da atividade mioelétrica do músculo tibial anterior durante o movimento de dorsiflexão; porém, no músculo gastrocnêmio medial dos indivíduos 1, 2, 3 e 6, apresentou-se diminuição da atividade mioelétrica, e apenas os indivíduos 4 e 5 obtiveram aumento da atividade mioelétrica.

Os voluntários com graus mais baixos de espasticidade, segundo a escala de Ashworth (grau 1 e 1+), apresentaram melhores resultados, quando comparados aos voluntários que possuíam a espasticidade mais elevada (grau 2), pois graus mais brandos de espasticidade facilita a realização da inibição recíproca, provocando fenômeno co-contração.

Este fato justifica-se que a EENM, quando aplicada no músculo gastrocnêmio medial dos hemiparéticos espásticos, pode apontar duas direções. Primeira, a maneira em que se posicionam os eletrodos que podem influenciar na resposta da atividade mioelétrica tanto no músculo agonista e antagonista; e segundo, a EENM pode gerar aumento da força e diminuição da espasticidade, dependendo da intensidade sobre a musculatura.

Desse modo, é importante dar continuidade a este estudo com maior número de voluntários; pois, dessa forma, poderão ser evidenciadas diferenças entre diversos grupos de paciente, o que permitirá individualizar, o máximo possível, o tratamento fisioterapêutico.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se, por meio da análise eletromiográfica dos indivíduos espásticos, que a EENM, quando aplicada no músculo gastrocnêmio medial, associada ao alongamento passivo do mesmo músculo, por meio da inibição autógena, pode-se estimular a inibição recíproca no movimento de flexão plantar durante a movimentação ativada na articulação do tornozelo do membro hemiparético.

REFERÊNCIAS

AMBROSINI, E. *et al.* Cycling Induced by Electrical Stimulation Improves Motor Recovery in Postacute hemiparetic Patients; A Randomized Controlled Trial. **Stroke**, v. 42, p.1068-1073, 2011.

BECHER, J.G. *et al.* Measurement of impaired muscle function of the gastrocnemius, soleus, and tibialis anterior muscles in spastic hemiplegia: A preliminary study. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, v. 35, n. 3, p. 314-326, 1998.

CARR, J.H.; SHEPHERD, R.B. Mudando a face da reabilitação neurológica. **RevBrasFisioter**, v. 10, n. 2, p. 147-156, 2006.

DALY, J.J. *et al.* Randomized Controlled Trial of Functional Neuromuscular in Chronic Stroke Subjects. **Stroke**, v. 27, p. 172-178, 2006.

HSU, S.S. *et al.* Dose Response Relation Between Neuromuscular Electrical Stimulation and Upper-Extremity Function in Patients With Stroke. **Stroke**, v. 41, n. 4, p. 821-824, 2010.

JOZEFczyk, P.B. The management of focal spasticity. **Clin Neuropharmacol**, v. 25, n. 3, p. 158-173, 2002.

KESAR, T.M.; PERUMAL, R.; JANCOSKO, D.S. Novel Patterns of Functional Electrical Stimulation Have an Immediate Effect on Dorsiflexor Muscle Function During Gait for People Poststroke. **Physical Therapy**, v. 90, n. 1, p. 55-56, 2010.

KESAR, T. M. *et al.* Functional Electrical Stimulation Of Ankle Plantarflexor and Dorsiflexor Effects on Poststroke Gait. **Stroke**, v. 2, p. 3821-3827, 2010.

KIM, D.Y. *et al.* Biomechanical Assessment with Electromyography of Post-Stroke Ankle Plantar Flexor Spasticity. **Yonsei Medical Journal**, v. 46, n. 4, p. 546-554, 2005.

KNUTSON, J.S.; CHAE, J. A. Novel Neuromuscular Electrical Stimulation Treatment for Recovery of Ankle Dorsiflexion in Chronic Hemiplegia: A Case Series Pilot Study. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 89, n. 8, p.672-682, 2010.

LIMA, M.O. *et al.* Efecto de la estimulación eléctrica neuromuscular y de los ejercicios isotônicos em los músculos flexores y extensores de la rodilla em pacientes hemipléjicos. **Revista de Neurología**, v. 46, n. 3, p. 135-138, 2008.

LIN, Z.; YAN, T. Long-term effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for promoting motor recovery of the upper extremity after stroke. **J Rehabil Med**, v. 43, n. 6, p. 506-510, 2011.

LUKÁCS, M.; VÉCSEI, L.; BENICZKY, S. Changes in muscle fiber density following a stroke. **Clinical Neurophysiology**, v. 120, n. 2009, p. 1539–1542, 2009.

MAPLE, F.W.; TONG, R.K.Y.; LI, L.S.W. A Pilot Study of Randomized Clinical Controlled Trial of Gait Training in Subacute Stroke Patients With Partial Body-Weight Support Electromechanical Gait Trainer and Functional Electrical Stimulation. **Stroke**, v. 39, p. 154-160, 2008.

MERLETTI, R.; TORINO, P. **Standards for Reporting EMG Data**. International Society of Electrophysiology and Kinesiology, 1999.

SALM, A.V. et al. Comparison of electric stimulation methods for reduction of triceps surae spasticity in spinal cord injury. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 87, n. 2, p. 222-228, 2006.

SILVA, D. D. et al. Resistência ao Movimento e Atividade Eletromiográfica dos Músculos Flexores e Extensores de Cotovelo em Pacientes Hemiparéticos Espásticos Submetidos à Crioterapia e Estimulação Elétrica Neuromuscular. **Rev Bras Eng Biom**, v. 28, n. 3, p. 248-260, 2012.

VALENTE, S. C. F. et al. Resultados da fisioterapia hospitalar na função do membro superior comprometido após acidente vascular encefálico. **Rev Neurocienc**, v. 14, n. 3, p. 122-126, 2006.

YAMAGUCHI, T. et al. Immediate effects of electrical stimulation combined with passive locomotion-like movement on gait velocity and spasticity in persons with hemiparetic stroke: a randomized controlled study. **Clinical Rehabilitation**, v. 26, n. 7, p. 619-628, 2012.

YANG, C.L. et al. Pilot Comparative Study of Unilateral and Bilateral Robot-Assisted Training on Upper Extremity Performance in Patients With Stroke. **The American Journal of Occupational Therapy**, v. 2, n. 66, p. 198-206, 2012.

YAVUZER, G. et al. Neuromuscular Electric Stimulation Effect on Lower-Extremity Motor Recovery and Gait Kinematics of Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 87, n. 4, p. 536-540, 2006.