

## Estudo de caso

# Efeito da estimulação elétrica neuromuscular em paciente com paralisia cerebral do tipo espástica

## *Effect of neuromuscular electric stimulation on a spastic palsy patient*

Mário Oliveira Lima, M.Sc.\*, Sérgio T. T. de Freitas, M.Sc.\*\*\*, Fernanda Púpio Silva Lima\*\*\*, Charli Tortoza, M.Sc.\*\*\*\*, Rodrigo Alvaro Brandão Lopes-Martins, D.Sc.\*\*\*\*\*

.....  
*\*Fisioterapeuta, Doutorando em Engenharia Biomédica, Setor de Neurologia, Curso de Fisioterapia, Faculdade de Ciências da Saúde de UNIVAP/UNIP/UBC, \*\*Fisioterapeuta, Setor de Neurologia, Curso de Fisioterapia, Faculdade de Ciências da Saúde, \*\*\*Fisioterapeuta, Mestranda em Ciências Biológicas, Laboratório de Biodinâmica, Faculdade de Ciências da Saúde, \*\*\*\*Educador Físico, Doutorando em Engenharia Biomédica, Laboratório de Biodinâmica, Faculdade de Ciências da Saúde, \*\*\*\*\*Biólogo, Mestre em Farmacologia, Doutor em Fisiologia, Pós-Doutorado em Farmacologia, Laboratório de Fisiologia e Farmacodinâmica, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba*

### Resumo

Paralisia cerebral (PC) é uma afecção não progressiva do sistema nervoso central que ocorre durante sua maturação, normalmente resultando em distúrbios do movimento e da postura persistente. Uma das principais complicações observadas na PC é a hipertonía espástica, que interfere diretamente no processo de reabilitação. Esse trabalho teve como objetivo demonstrar a eficiência da Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) em criança portadora de Paralisia Cerebral espástica, quantificada por meio da Eletromiografia (EMG). Foi avaliado um paciente de 11 anos, portador de paralisia cerebral, apresentando hemiparesia à esquerda com predomínio crural. O paciente foi submetido a avaliação semiológica (goniometria) e posteriormente a análise eletromiográfica do músculo tibial anterior esquerdo, antes e após 15 sessões de EENM. Os resultados obtidos demonstraram diferenças significativas do sinal eletromiográfico antes e após a EENM com relação a contração isotônica concêntrica ( $P < 0,05$ ). Por outro lado, a EENM não alterou os achados eletromiográficos relativos a contração isométrica máxima. Foi observado um aumento significativo da amplitude de movimento de dorsiflexão do membro inferior esquerdo, tanto no movimento passivo quanto no ativo. Em outras palavras, a EENM reduziu significativamente a espasticidade do músculo tibial anterior do paciente hemiparético. Dentre vários recursos terapêuticos a serem utilizados para redução da espasticidade, concluímos que a EENM pode ser considerada como uma alternativa eficaz a ser utilizada no processo de reabilitação, em pacientes portadores de paralisia cerebral do tipo espástica.

**Palavras-chave:** paralisia cerebral, espasticidade, estimulação elétrica neuromuscular (EENM).

### Abstract

Cerebral Spastic Palsy (CSP) is a non-progressive affection of the central nervous system that occurs during its maturation normally resulting in movement disorders and persistent posture. One of the main complications of CSP is the spastic hypertony that directly interferes on the rehabilitation process. The aim of the present study was to report the efficiency of neuromuscular electrical stimulation in a child with CSP, quantified by electromyography. We evaluated an eleven years-old male patient with CSP, left hemiparesy with crural dominance. The patient was submitted to semiologic evaluation and to electromyographic analysis of the anterior tibial skeletal muscle, before and after 15 sessions of neuromuscular electrical stimulation. Our results clearly demonstrated significant differences before and after sessions related to isotonic concentric contractions. On the other hand, the electrical stimulation did not alter our findings on the electromyographic parameters concerning the isometric maximal contraction. We also observed a significant increase in the movement course of the dorsiflexion of the left inferior member, both in passive as well as in active movement. In other words, the neuromuscular electrical stimulation significantly reduced spasticity of the anterior tibial muscle of hemiparetic patient. We concluded that considering different techniques used to treat spasticity, neuromuscular electrical stimulation could constitute a new interesting alternative to be tested on the rehabilitation process of CSP patients.

**Key-words:** Cerebral palsy, spasticity, neuromuscular electrical stimulation.

Recebido 14 de março de 2004; aceito 15 de janeiro de 2006.

**Endereço para correspondência:** Rodrigo Alvaro Brandão Lopes-Martins, Laboratório de Fisiologia e Farmacodinâmica, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPED), Universidade do Vale do Paraíba Av. Shishima Hifumi, 2911 Urbanova 12244-000 São José dos Campos SP

## Introdução

Paralisia cerebral (PC) é uma afecção não progressiva do sistema nervoso central que ocorre durante sua maturação, causado por lesão do sistema nervoso em desenvolvimento, antes, durante o nascimento, ou nos primeiros anos de vida [1], normalmente resultando em desordens do movimento e da postura persistente.

Uma grande parcela das crianças com paralisia cerebral apresenta incapacidade no neurônio motor superior, levando à hipertonia espástica, que pode interferir de maneira significativa no programa de reabilitação destes pacientes, impedindo os ganhos funcionais esperados, e exigindo uma abordagem terapêutica específica

A hipertonia espástica é definida como o aumento do tônus muscular, decorrente das mudanças da excitabilidade do neurônio motor superior, hipersensibilidade pós sináptica a um neurotransmissor (glicina, glutamato, gaba e serotonina, entre outros), aumento do território das unidades motoras por brotamento e aumentos das propriedades tixotrópicas passivas do músculo [2,3,4]. Observa-se como sintomas a exacerbação dos reflexos profundos, a hiperexcitabilidade do reflexo do estiramento [5,6] e de alterações das propriedades viscoelásticas do músculo [2,7], aumentando sua resistência ao movimento passivo. Deste modo, o mecanismo fisiopatológico da hipertonia espástica parece ser muito complexo, envolvendo diferentes vias espinais e supra espinais [6,8].

Atualmente, na tentativa de se diminuir ou minimizar a Hipertonia Espástica, são utilizados vários métodos de tratamentos como cinesioterapia, crioterapia, calor superficial, órteses e a Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) [1,2,5,7] ou mesmo por ações medicamentosas [9].

Segundo Lianza [5], e demais autores [2,3,6,7,10,11], a EENM promove recrutamento inverso das fibras musculares, ou seja, as fibras nervosas de grosso calibre são acionadas primeiro, recrutando maior número de fibras musculares do tipo II (alta atividade glicolítica), resultando em um movimento de contração mais abrupto do que o fisiológico. De acordo com Lianza [5], o EENM é responsável pela diminuição da espasticidade por coativar os motoneurônios alfa e gama dos músculos fracos ou paralisados, devido à lesão do neurônio motor superior, ao mesmo tempo que inibe reciprocamente os músculos antagonistas, também espásticos [12,13].

Miyazaki *et al.* [14] relatam que o emprego da EENM durante a função (FES), em indivíduos hemiparéticos espásticos, apresenta efeitos benéficos (como o ganho funcional, associado aos movimentos voluntários) que persistem até mesmo após a suspensão do tratamento. Resultados semelhantes foram observados por Santos [15]. Quando, no entanto, indivíduos com lesão completa receberam terapia com eletroestimulação não foi constatada diminuição da espasticidade [16]. De acordo com Miyazaki *et al.* [14] a utilização da FES

é eficaz apenas quando os pacientes apresentam algum tipo de movimento voluntário.

No entanto, não se sabe com precisão o tipo de adaptação no aparato motor que causa as melhorias funcionais observadas. Como a hipertonia espástica leva à incapacidade no recrutamento muscular, sugere-se que o uso do EENM pode auxiliar o fortalecimento do músculo hipotrófico [17], preservando as propriedades dos músculos [18]

A Eletromiografia (EMG) tem se mostrado uma ferramenta poderosa nos estudos envolvendo o sistema motor, pois seus níveis de atividade apresentam alta correlação com patologias neuromusculares, estando associada à morfologia do músculo esquelético investigado [18]. Trata-se de uma técnica que torna possível a avaliação da atividade das unidades motoras recrutadas, registrando o potencial de ação muscular e sua amplitude em função do tempo. De acordo com diversos autores [2,3,7] o aumento da amplitude do sinal eletromiográfico indica que mais unidades motoras foram recrutadas, além de confirmar a capacidade do neurônio motor em transmitir o estímulo da medula à junção neuromuscular, ou mesmo quantificar as prováveis adaptações neurais em treinamentos de força [19].

Pereira [20] observou que indivíduos hemiplégicos espásticos apresentam maior nível de atividade muscular (EMG) em repouso e em respostas reflexas, e menor atividade na produção do movimento voluntário. A melhora do quadro espástico, relacionado ao padrão de atividade muscular também foi observado em terapias medicamentosas de membros inferiores e superiores [9].

Diante disso, o objetivo desse trabalho é demonstrar a eficiência da Estimulação Elétrica Neuromuscular em criança portadora de Paralisia Cerebral espástico, quantificada de modo simplificado por meio da análise do sinal eletromiográfico (EMG).

## Material e métodos

Foi realizado um estudo de caso, com um sujeito de 11 anos de idade, do sexo masculino, portador de paralisia cerebral, apresentando uma hemiparesia esquerda com predomínio crural. Sendo esse admitido no Setor de Neurologia, onde foram estipuladas 3 fases distintas de tratamento.

### Fase 1 (avaliação)

Antes de iniciarmos a terapia com o EENM, o paciente foi posicionado sobre a maca em decúbito dorsal com joelho em extensão e realizou-se a goniometria (CARCI) da articulação do tornozelo esquerdo em repouso, em movimento passivo e em movimento ativo de dorsiflexão e flexão plantar. Em seguida foi submetido a um exame eletromiográfico na mesma posição, utilizando-se eletrodo bipolar de superfície fixados na porção média do ventre muscular, onde foram registradas as atividades elétricas do músculo tibial em repouso,

em contração isométrica máxima de dorsiflexão (em posição limite de dorsiflexão por 20 segundos) e em 4 movimentos isotônicos concêntricos, com sucessivos movimentos de flexão plantar e dorsi-flexão, realizados em amplitude e velocidades máximas. Os sinais eletromiográficos foram coletados em uma frequência de 1000 Hz em software fornecido pelo fabricante (EMG System do Brasil).

### Fase 2 (treinamento)

Após a avaliação semiológica, foram realizadas 15 sessões de Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM) induzindo contrações isotônicas no membro inferior esquerdo, com utilização do aparelho da marca Quark 972 portátil com os seguintes parâmetros: a) duração de pulso de 10 ms; b) frequência de 50Hz; c) intensidade determinada de acordo com a sensibilidade do paciente; d) tempo de 20 min. Dois eletrodos de superfície foram fixados no músculo tibial anterior. O sujeito foi posicionado sentado com o quadril e joelho a 90 graus, e instruído a não realizar movimentos voluntários durante as sessões.

### Fase 3 (reavaliação)

Após às 15 sessões de EENM, o sujeito realizou novas avaliações, conforme descrito anteriormente na fase 1.

### Análise eletromiográfica

Após as coletas de dados, os sinais eletromiográficos foram exportados para planilha eletrônica onde foram retificados, suavizados (*moving average - 50 ms*) e normalizados pela valor médio em repouso. Para analisar a atividade muscular na isometria foram calculadas os valores médios a cada segundo, após o início da contração. Para analisar as contrações isotônicas concêntricas, foi calculado o valor de máximo (pico) da atividade muscular em cada uma das contrações realizadas. Para analisar a quantidade de variação apresentada por estes valores calculou-se o coeficiente de variação (CV) dividindo-se o desvio padrão (DP) pelo valor médio.

Os dados eletromiográficos obtidos foram comparados por meio do teste t de Student para a amostras independentes. Os valores de  $P < 0,05$  foram considerados significativos.

## Resultados

Tomando como base a avaliação da goniometria, observou que após a EENM o sujeito apresentou aumento significativo da amplitude de movimento, tanto ativo como passivo. Por outro lado, o sujeito não apresentou melhora significativa em repouso (tabela I).

**Tabela I** - Valores da amplitude de movimento no modo passivo, ativo e repouso da articulação do tornozelo no hemiplégico espástico antes e após o EENM, analisados através da goniometria.

Goniometria da articulação do tornozelo	Antes da EENM	Após a EENM
Pontos Fixos	Graus	Graus
Repouso em flexão plantar	40 graus	39 graus
Dorsiflexão ativa (a partir de 40° de plantiflexão)	18 graus	30 graus
Dorsiflexão passiva (a partir de 90° de dorsiflexão)	10 graus	20 graus

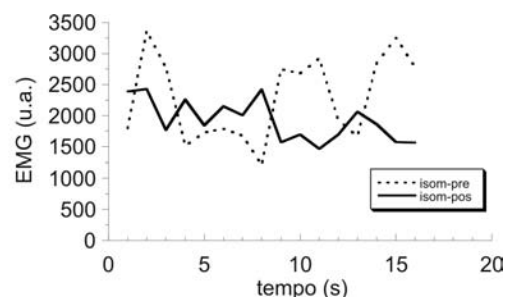
No gráfico 1 observa-se os valores médios da atividade eletromiográfica obtidos antes da EENM. Note que, apesar de não serem significativamente diferentes ( $p=0,0894$ ), a atividade muscular antes da utilização da EENM (isom-pré) apresenta oscilações significativas e irregulares, demonstrando certa incapacidade de manutenção da quantidade de atividade muscular, o que pode até certo ponto interferir no movimento articular. No entanto, após a EENM (isom-pós) a atividade muscular apresentou uma maior regularidade. Observações que podem ser constatadas na leitura dos valores médios, desvios padrão e respectivos coeficientes de variação apresentados na tabela II.

No gráfico 2 estão sendo mostrados os valores do pico da atividade muscular nas 4 sucessivas contrações isotônicas concêntricas, realizadas pelo paciente, antes e após a terapia com EENM. Observa-se neste que após o tratamento com EENM a atividade do músculo analisado obteve valores de pico significativamente menores ( $p=0,0034$ ), indicando uma menor quantidade de recrutamento muscular.

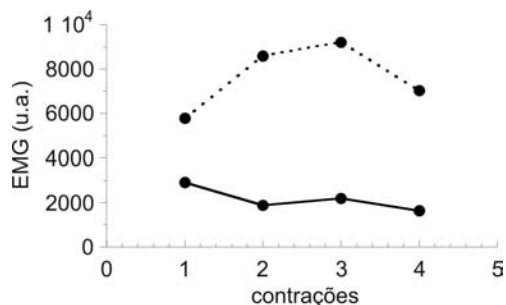
**Tabela II** - Valores médios (média), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) da atividade muscular isométrica e isotônica, antes e após a terapia com EENM.

	Antes da EENM			Após a EENM		
	Média	DP	CV	Média	DP	CV
Isométrico	2230	675	30	1979	397	20
Isotônico	7651	1550	20	2184	483	22

**Gráfico 1** - Valores médios da atividade eletromiográfica durante a contração isométrica máxima de dorsiflexão do membro inferior esquerdo, antes e após o tratamento com EENM.



**Gráfico 2** - Valores de pico da atividade eletromiográfica do músculo tibial anterior esquerdo, durante contração isotônica concêntrica de dorsiflexão, antes e após o tratamento com a EENM.



## Discussão

Muitas pesquisas foram realizadas com o objetivo de avaliar os efeitos da EENM na espasticidade [10-14,16,21,22]. Embora estes estudos tenham sugerido que está é uma forma eficaz de tratamento, pouco se sabe sobre os mecanismos que conduzem às mudanças no aparato motor.

Vários autores [5,22] relatavam que a estimulação elétrica artificial do músculo antagonista ao espástico promove o relaxamento do músculo hipertônico, sendo evidenciado pela diminuição da resistência ao alongamento passivo do músculo espástico, em alguns casos esta diminuição persistia até 16 semanas. Na maioria dos casos relatados, a redução da espasticidade foi acompanhada pelas melhorias na função associada com autocuidados das atividades, da mobilidade e da postura [17]. Enoka [2], entretanto, entende que as melhorias funcionais alcançadas são devidas a melhora do recrutamento muscular agonista e não, necessariamente, há diminuição da espasticidade antagonista. Aparentemente, as melhorias observadas no músculo estimulado eletricamente quanto à capacidade de produzir força devem-se principalmente às adaptações neurais, pois não têm-se observado alterações no padrão morfológico de músculos eletricamente estimulados, sem alteração na incidência e na área das fibras musculares dos tipos I e II [23]. Em um estudo realizado em indivíduos normais (destros e sedentários) foi demonstrado que o uso da EENM em baixa e média frequência não induz ao aumento significativo da hipertrofia muscular, porém há aumento significativo da força muscular nos mesmos indivíduos [21].

No presente estudo de caso, antes da aplicação do FES, o paciente apresentava comprometimento do MIE, como diminuição da amplitude de movimento de dorsiflexão, encurtamento do tendão de Aquiles e leve hipertonia deste membro. Este estado funcional parece estar muito relacionado ao padrão de atividade muscular registrado antes da terapia com EENM.

Os picos dos sinais eletromiográficos analisados durante a contração isotônica concêntrica apresentaram-se significativamente menores após a terapia concomitante ao importante aumento da amplitude de movimento ativo de dorsiflexão.

Porém, também foi observado aumento da amplitude de movimento passivo, o que de certo modo facilitaria o trabalho da musculatura dorsiflexora que necessitaria um menor recrutamento muscular para produzir o mesmo movimento.

Comparando as avaliações pré e pós-aplicação de FES, notamos que houve um aumento da eficiência do mecanismo de contração isométrico que passou a apresentar uma atividade muscular mais constante e com ganho da amplitude de movimento de dorsiflexão.

Estas melhorias do MIE em termos de atividade muscular isotônica e isométrica podem estar relacionadas à correta modulação do mecanismo reflexo e, posteriormente, com a diminuição do gasto energético e a diminuição da espasticidade da musculatura antagonista.

Apesar dos resultados obtidos serem claros e objetivos, a metodologia utilizada neste trabalho não foi capaz de demonstrar sistematicamente todos os mecanismos envolvidos com a melhora na funcionalidade do mecanismo dorsiflexor do indivíduo analisado. A mensuração direta da força muscular resultante em dorsiflexão, do grau da espasticidade pela medida do torque resistente, do nível da coativação e das sinergias musculares, além da velocidade e amplitude das respostas reflexas, podem fornecer respostas conclusivas à respeito dos mecanismos envolvidos com a espasticidade.

Deste modo, entende-se que a EENM é um dos recursos terapêuticos eficazes para produzir respostas neuromusculares adequadas, representadas pelos padrões eletromiográficos e que podem estar relacionados à redução da espasticidade quando aplicado no músculo antagonista ao espástico.

## Conclusão

Através dos dados obtidos na avaliação semiológica (goniometria) e na análise EMG, conclui-se que o EENM é um recurso terapêutico eficaz quando aplicado no músculo antagonista ao músculo espástico na contração isotônica concêntrica, sem auxílio da cinesioterapia, para a melhora da função motora em crianças portadoras de Paralisia Cerebral do tipo espástica, principalmente por induzir alterações no modo como o sistema nervoso ativa as musculaturas para produzir força e movimento.

Porém, necessitamos de estudos mais amplos, capazes de elucidar os demais fatores envolvidos com o uso de EENM e seu efeito sobre a Hipertonia Espástica.

## Referências

1. Bobath K, Duarte JP. A deficiência motora em pacientes com paralisia cerebral. São Paulo: Manole; 1989.
2. Enoka R. Bases neuromecânicas do movimento humano. São Paulo: Manole; 2000.
3. Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. Princípios da neurociência. 4 ed. São Paulo: Manole; 2003.
4. Teive AGH, Zonta M, Kumagai Y. Tratamento da espasticidade - uma atualização. Arq Neuropsiquiatr 1998;56(4): 852-8.

5. Lianza S. Medicina de Reabilitação. 3 ed. Rio Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.
6. Greve JA. Fisiopatologia e avaliação clínica da espasticidade. Rev Hosp Clin Fac Med Univ São Paulo 1994;49:141-4.
7. Rothwell J. Control of human voluntary movement. 2 ed. New York: Chapman & Hall; 1994.
8. Bennett DJ, Li Y, Harvey PJ, Gorassini M. Evidence for plateau potentials in tail motoneurons of awake chronic spinal rats with spasticity. J Neurophysiol 2001; 86(4):1972-82.
9. Nuño L, Alberto FM, María I, Alatorre ME. Valoración electromiográfica del tratamiento con glicina a pacientes espásticos. Arch Neurociencias 1996;1(4):279-82.
10. Chae J, Triolo RJ, Kilgore K, Creasey GH. Estimulação neuromuscular funcional. In: De Lisa JÁ e Gans BM (Eds). Tratado de medicina de reabilitação: princípios e prática. São Paulo: Manole; 1998. p.643-668.
11. Brasileiro JS, Castro CES, Parizotto NA, Sandoval MC. Estudio comparativo entre la capacidad de generación de torque y la incomodidad sensorial producidos por dos formas de estimulación eléctrica neuromuscular en sujetos sanos. Rev Iberoam Fisioter. Kinesiol 2000;3(2):56-65.
12. Levin MF, Hui-Chan C. Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and voluntary motor functions. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1992;38:131-42.
13. Miyazaki MH, Lourenção MIP, Ribeiro JB, Battistella LR. Estimulação Elétrica Funcional (FES) na Paralisia Cerebral. Rev Hosp Clín Fac Med 1992;47(1):28-30.
14. Miyazaki MH, Lourenção MIP, Ribeiro JB, Lourenço C, Battistella LR. Estudo da interferência dos déficits motor e sensitivo na função manual de pacientes hemiplégicos submetidos a estimulação elétrica funcional (FES). Acta Fisiátr 1995;2(3):24-6.
15. Santos AC, Silva Júnior DP, Müller AF, Thomé PRO, Sanches PRS; Alves ME; Bortolozzo ME. Equipamentos para Estimulação Elétrica Funcional. Acta Fisiátr 1995;2(3):18-23.
16. Sköld C, Lönn L, Harms-Ringdahl K, Hultling C, Levi R, Nash M, Seiger A. Effects of functional electrical stimulation training for six months on body composition and spasticity in motor complete tetraplegic spinal cord-injured individuals. J Rehabil Med 2000;34(1):25-32.
17. Robinson AJ, Snyder-Mackler L. Eletrofisiologia clínica: eletroterapia e teste eletrofisiológico. 2 ed. Porto Alegre: Artmed; 2001.
18. Werneck LC; Lima JGC. Muscle biopsy correlated with electromyography: study of 100 cases. Arq Neuropsiquiatr 1988;46(2):156-65.
19. Brentano MA, Pinto RS. Adaptações neurais ao treinamento de força. Rev Bras Ativ Fis Saude 2001;6(3):65-77.
20. Pereira AC, Araujo RC. Estudo sobre a eletromiografia de superfície em pacientes portadores de espasticidade. Rev Bras Fisioter 2002;6(3):127-34.
21. Soare AV, Pagliosa F, Oliveira GO. Estudo comparativo entre a estimulação elétrica neuromuscular de baixa e média frequências para o incremento da força de preensão em indivíduos sadios não-treinados. Fisioter Bras 2002;3(6): 345-50.
22. Kitchen S & Bazin S. Eletroterapia de Clayton. São Paulo: Manole; 1998.
23. Camargo LC, Minamoto VB, Noronha MA, Castro CES, Salvini TF. Estimulação elétrica neuromuscular do tibial anterior não altera a morfologia dos músculos soleo (antagonista) e extensor digital longo (sinergista) do rato. Rev Fisioter USP 1998;5(2):120-6.