

ARTIGO ORIGINAL

Efeitos da estimulação elétrica funcional (FES) sobre o padrão de marcha de um paciente hemiparético

Effect of Functional Electrical Stimulation (FES) about the gait standard of a hemiparetic patient

Rodrigo Costa Schuster¹, Cíntia Ribeiro de Sant², Vania Dalbosco²

RESUMO

A doença vascular cerebral resulta da restrição da irrigação sanguínea ao cérebro, gerando lesões celulares e disfunções neurológicas, sejam referentes às funções motora, sensorial e cognitiva da percepção ou da linguagem. A disfunção motora é um dos problemas frequentemente encontrado no acidente vascular cerebral, que refletirá em uma marcha cujos parâmetros mensuráveis, tais como, velocidade, cadência, simetrias, tempo e comprimento de passo e passada, serão deficitárias. Essas alterações não são apenas devido à fraqueza muscular, mas também a anormalidades complexas no controle motor. Este estudo propôs-se a verificar os efeitos da estimulação elétrica funcional (FES), quantificando força e tônus muscular, amplitude de movimento, parâmetros espaços-temporais da marcha e a pressão plantar antes e após intervenção, em um paciente hemiparético, utilizando a corrente do tipo FES no músculo tibial anterior por 30 min, com largura de pulso de 250 μ s, frequência de 50 Hz, Ton 06s e Toff 12s, num período de 45 dias, três vezes por semana, totalizando 20 sessões. A eletroestimulação foi considerada segura e efetiva no tratamento da atrofia de desuso, além de útil na manutenção da amplitude de movimento, na reeducação muscular evidenciada pela melhora dos parâmetros de marcha e da força muscular.

PALAVRAS-CHAVE

acidente cerebrovascular, estimulação elétrica, hemiparesia, marcha, fisioterapia

ABSTRACT

The cerebral vascular illness results of the restriction of the sanguine irrigation to the brain, generating cellular injuries and neurological lack of function, they are referring to the motor function, sensorial, cognitive, of the perception or the language. The motor dysfunction is one of the problems frequently found in the stroke, this will reflect in a gait, whose measurable parameters, such as: speed, cadence, symmetries, time and length of step and passing, they will suffer deficit alterations. This study was considered to verify it the effect of the Functional Electrical Stimulation (FES) quantifying muscular force and vigor, amplitude of movement, secular parameters space of the headway and the plantar pressure before and after intervention in a hemiparetic patient using the chain of the type FES in the previous tibial muscle for 30 min, with width of pulse of 250 μ s, frequency of 50 Hz, Ton 06s and Toff 12s in a period of 45 days, three times per week, totalizing 20 sessions. The eletrostimulation was considered insurance and effective in the treatment of the atrophy of disuse, beyond being useful in the maintenance of the amplitude of movement, in the muscular re-education evidenced by the improvement of the parameters of gait and the muscular force.

KEYWORDS

cerebrovascular accident, electric stimulation, paresis, gait, physical therapy

1 Fisioterapeuta, especialista em Ciências Morfofisiológicas: Anatomia/UEDESC, mestrando em Ciências Médicas/UFRGS, professor do curso de Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo – UPF

2 Fisioterapeuta graduada pela UPF

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo
Campus I - Km 171 - BR 285 - Bairro São José, Caixa Postal 611
Passo Fundo - RS - CEP 99001-970

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define o AVC como “um sinal clínico de rápido desenvolvimento de perturbação focal da função cerebral, de suposta origem vascular e com mais de 24 horas de duração”¹.

Causa líder de incapacidades em adultos, o AVC traz consequências funcionais dos déficits primários neurológicos que, geralmente, predispõem aos sobreviventes um padrão de vida sedentário, com limitações individuais para as atividades de vida diária (AVD's) e reserva cardiológica reduzida².

O quadro clínico do AVC pode ser dividido em agudo – pela fraqueza muscular ou hipotonia, confusão e incontinência³ e crônico – pela espasticidade flexora em membro superior e extensora em membro inferior⁴.

A espasticidade se caracteriza pela dificuldade de se movimentar passivamente uma articulação, devido à intensa contração dos músculos que normalmente a mobilizam, e pela tendência à volta imediata à posição original quando a força imposta é cessada⁵.

Dentre os principais sintomas gerados pelo AVC, aponta-se a hemiplegia/hemiparesia – sinal clássico de patologia neurovascular cerebral, que decorre de isquemia ou hemorragia, envolvendo hemisfério ou tronco cerebral. É a disfunção motora do AVC e atinge o controle motor voluntário do lado contralateral ao lesionado⁶.

As manifestações físicas da espasticidade incluem dores, movimentos involuntários, posturas anormais, deficiências de marcha e resistência aumentada ao movimento. Tais manifestações podem levar a problemas secundários, como alteração do comprimento muscular, culminando com o desenvolvimento de contraturas (reversível com tratamento conservador) e até mesmo deformidades musculares, que não são reversíveis em tratamentos conservadores e, sim, somente cirúrgicos⁷.

A marcha é definida como um método de locomoção envolvendo o uso de duas pernas de modo alternado, para fornecer suporte e propulsão a ambas, pelo menos um pé estando em contato com o solo todo o tempo. Ou uma série de movimentos altamente coordenados, na qual o equilíbrio está sendo constantemente desafiado e continuamente recuperado⁸.

O padrão de marcha inclui a velocidade de locomoção (centímetros por segundo) e o número de passos completados por unidade de tempo (passos por minuto), também chamado de cadência⁹. Esse padrão, usualmente alterado após um AVC, graças a uma série de fatores, inclui comprometimento de sensibilidade, percepção, mobilidade e controle motor⁶.

A marcha hemiparética é comum em pacientes com hemiparesia espástica. Observa-se a flexão do membro superior com extensão do membro inferior no hemicorpo acometido. Como consequência, o membro inferior não consegue suportar completamente o peso durante a fase de apoio, além de não se projetar para frente durante a fase de balanço a não ser como um todo em circundução. Esse tipo de marcha também é chamado de ceifante ou marcha em ponto e vírgula¹⁰.

A estimulação elétrica funcional (FES) é uma técnica utilizada em Fisioterapia, com objetivos principais de reeducação muscular,

retardamento de atrofia, inibição temporária de espasticidade e redução de contraturas e edemas⁷. Essa técnica é formulada para intervir diretamente na dinâmica do controle sensoriomotor, restabelecendo o feedback proprioceptivo bloqueado nas tentativas de movimento muscular¹¹.

Existem inúmeros trabalhos na literatura sobre a aplicação de FES para melhora da funcionalidade de pacientes hemiparéticos, mas ainda não há um consenso sobre essa intervenção fisioterapêutica. Muitos dos trabalhos publicados apresentam resultados positivos e alguns, quando comparados com intervenção convencional, não demonstram melhora da eficácia quanto ao tratamento com estimulação elétrica.

A importância de um tratamento eficaz e com maior número de sessões em um tempo determinado para que o paciente tenha alta mais cedo, ajudará a aumentar os números de atendimentos, já que a procura é maior que a demanda de fisioterapeutas¹².

OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo principal verificar os efeitos da eletroestimulação neuromuscular dos dorsiflexores de tornozelo em paciente hemiparético, avaliar a sua marcha, as alterações do seu tônus muscular e da sua força muscular, a sua amplitude de movimento articular e a sua funcionalidade.

MÉTODOS

A amostra do estudo foi de caráter intencional, sendo composta por um indivíduo adequado aos critérios de inclusão: estar recebendo atendimento fisioterapêutico; ter tido AVC há mais de seis meses; ser capaz de deambular sem apoio por no mínimo 10 metros; ter força muscular no mínimo grau 03; aceitar participar da pesquisa, através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; e aos critérios de exclusão: demonstrar déficit de cognição que impeça entender a técnica; apresentar deformidades instaladas no membro hemiparético; e déficit de sensibilidade no membro inferior parético, os quais foram delimitados pelos pesquisadores.

O paciente, captado através do contato com o setor de Fisioterapia Neurológica da Universidade de Passo Fundo, era portador de AVC hemorrágico, dois anos de lesão, sexo masculino, 54 anos de idade, com seqüelas de hemiparesia esquerda, com déficit de força no MMII afetado e seqüente alteração da marcha.

A avaliação fisioterapêutica (inicial e final) foi realizada no laboratório de Biomecânica da Faculdade de Educação Física e Fisioterapia na UPF, verificando-se a força muscular, através da dinamometria computadorizada, a pressão plantar, pela baropodometria, o tônus muscular, pela escala de Ashworth e a ADM, através da goniometria de dorsi/plantiflexores e parâmetros espaços-temporais de marcha pelo podograma.

O tratamento foi composto com aplicação de correntes de eletroestimulação neuromuscular, através da corrente de baixa frequência, bifásica FES (Eletroestimulação Funcional). Para isso, foi usado o aparelho Physiotonus Four da marca Bioset®, com um canal no

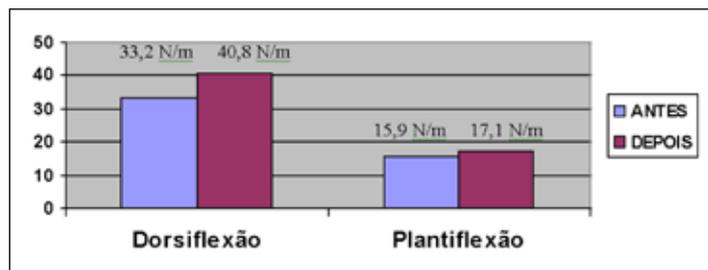
músculo dorsiflexor de tornozelo (tibial anterior), eletrodos eletricamente condutores de borracha medindo: 5cmx5cm. A duração foi de 45 dias, com três aplicações semanais, por 30 minutos, com parâmetros fixos de 250 µs modulados a 50 Hz, Ton 06 seg., Toff de 12 seg. Utilizou-se a rampa de súbita de 0,2 s e descida de 0,1 s e intensidade, conforme a tolerância do paciente do paciente, totalizando 20 sessões.

RESULTADOS

Força muscular

Observou-se (gráfico 1), um aumento do pico de torque da musculatura dorsiflexora, que foi estimulada, de 22,9%, que se apresentava, inicialmente, em 33,2 N/m e foi para 40,8 N/m depois da intervenção. Já na musculatura plantiflexora, não estimulada, houve um aumento no pico de torque de 7%.

Gráfico 1
Pico de Torque a 30 °/SEG: dorsiflexores e plantiflexores



Pressão plantar

O Quadro 1 apresenta os valores de pressão em g/cm², nas diferentes regiões do pé, antes e depois da intervenção.

A Figura 1 apresenta o valor máximo de registro e a análise visual da pressão plantar nas diferentes regiões do pé, durante uma marcha de 10 segundos, antes e após intervenção.

Quadro 1
Pressão plantar nas diferentes regiões do pé

REGIÃO	PICO DE PRESSÃO (g/cm ²)	
	ANTES	DEPOIS
Retro pé	2648	3263
Médio pé	790	3476
Ante pé	1405	1525
Dedos	1847	4198

Em análise inicial da pressão plantar, verificou-se um aumento da pressão na região do médio pé (arco plantar lateral), característica do pé equino varo do hemiplégico, justificado pela espasticidade dos plantiflexores e musculatura intrínseca do pé, após intervenção fisioterapêutica com aplicação de FES no músculo tibial anterior (antagonista ao espástico).

Observou-se, ainda, uma diminuição na distribuição de peso no médio pé, com uma melhora da distribuição de peso em todas as outras áreas, retro pé (calcâneo), médio pé (arco plantar e borda

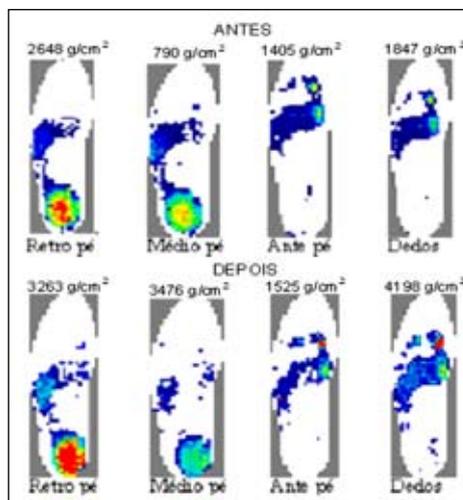


Figura 1
Pressão plantar nas diferentes regiões do Pé

lateral externa), ante pé (cabeça dos metatarsos) e dedos durante a fase de apoio do pé esquerdo.

Tônus muscular

Com relação ao tônus muscular, na avaliação inicial, encontrou-se, através da Escala de Ashworth Modificada, uma espasticidade leve (+1) de gastrocnêmio, que, na reavaliação, verificou-se não estar mais presente (0).

ADM

O Quadro 2 apresenta os valores da ADM ativa e passiva da articulação do tornozelo no movimento de dorsi/plantiflexão:

Quadro 2
ADM de tornozelo

	DIREITO		ESQUERDO	
	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS
Plantiflexão (passivo)	48°	48°	40°	45°
Plantiflexão (ativo)	40°	40°	30°	38°
Dorsiflexão (passivo)	20°	20°	12°	16°
Dorsiflexão (ativo)	18°	18°	8°	12°

Marcha

O Quadro 3 apresenta os valores obtidos dos parâmetros de marcha (antes e depois da intervenção), podendo-se observar uma melhora de 14% na sua velocidade, sendo que, inicialmente, apresentava-se a 3,2 cm/seg. e após intervenção, a 3,7 cm/seg. Como a base de suporte era de 22,6 cm antes da intervenção e após, com 20,1 cm, observou-se uma melhora de 12%, sendo que os demais parâmetros (comprimento do passo, comprimento da passada e cadência) não apresentaram melhora.

Sendo assim, quanto ao paciente tratado, pôde-se verificar a melhora da força na musculatura estimulada, conseqüentemente, ocasionando a melhora da ADM da articulação do tornozelo e o pa-

Quadro 3
Parâmetros espaços-temporais da marcha

	ANTES		DEPOIS	
	D	E	D	E
Comprimento do passo	54,0cm	53,0cm	56,2 cm	53,5cm
Comprimento da passada	109,3cm	110,4cm	109,3 cm	109,0cm
Velocidade	3,2cm/seg.		3,7 cm/seg.	
Cadência	27passos/min		26 passos/min	
Base de Suporte	22,6cm		20,1cm	
Ciclos	7		6	

Impressão do comprimento da passada e do passo

drão de marcha evidenciado pela pressão plantar e a podogrametria. Também houve uma redução do tônus da musculatura tratada.

DISCUSSÃO

As anormalidades da ativação de neurônios motores definem então a tensão voluntária desenvolvida pelo músculo que poderia afetar as atividades das propriedades das proteínas contráteis. Como está bem estabelecido na biologia muscular, o processo de tensão no músculo é o estímulo para soma ou perda de sarcômeros. A questão chave é se o mecanismo de direção central interrompido produz efeitos secundários suficientes no músculo para diminuir a capacidade contrátil. Se a força muscular diminuída é um importante fator na hemiparesia, métodos de aprimoramento da força muscular deveriam ser incluídos no programa de reabilitação. Senão, outras estratégias precisam ser enfatizadas¹³.

A FES poderia compensar essa deficiência por um aumento na excitabilidade do neurônio motor, tanto pela ativação direta de grandes unidades motoras como pelo efeito sensorial produzido pela corrente elétrica sobre a pele¹⁴.

Sabe-se que a FES provoca a contração de músculos paréticos, por meio de vias sensitivas, que contribuem para a normalização das atividades motoras reflexas básicas¹⁵. Os efeitos imediatos são: inibição recíproca e relaxamento do músculo espástico e estimulação sensorial de vias aferentes. Os efeitos tardios agem na neuroplasticidade e são susceptíveis de modificar as propriedades viscoelásticas musculares¹⁶. Outros autores concluíram que FES fornece um *feedback* cutâneo que altera a população de unidades motoras ativadas¹⁷.

As fibras do tipo II, fibras brancas, apresentam velocidade de contração rápida, metabolismo anaeróbio e pouca resistência à fadiga por serem pobres em hemoglobina, sendo encarregadas das contrações dinâmicas com movimentos breves e pouca força.

Existe a possibilidade de conversão de unidades motoras de um para outro tipo. Essa plasticidade é fundamental para a adaptação às mudanças de trabalho ou atividades¹⁸.

Não se pode fazer uma real estimulação seletiva dos diferentes tamanhos de nervos motores e dos diferentes tipos de unidades motoras (como as fibras tipo I e II). Assim, teremos que nos basear na observação da qualidade e na quantidade das respostas obtidas com a estimulação, ou seja, nas características da contração muscular, e não na ativação seletiva de um determinado tipo de fibra¹⁹.

O pico de torque a 60°/seg. apresentou-se com um déficit, o que não aconteceu quando testado a 30°/seg. quando foram obtidos valores positivos de pico de torque. Isso pode ser justificado pelo fato das primeiras contrações a 30°/seg. terem levado à fadiga da musculatura exigida quando as fibras de contração rápida, tipo II, serem caracterizadas por baixa resistência à fadiga. Tal constatação é mais evidente num paciente hemiparético, o que pode justificar o déficit da segunda série, a 60°/seg., mesmo esta permitindo um movimento mais rápido, por admitir mais graus por segundo de movimentação.

O paciente hemiplégico desenvolve um pé equino varo que é o afastamento do arco plantar do chão, havendo uma sobrecarga de pressão entre o calcâneo, ante pé (cabeça dos metatarsos) e dedos²⁰.

Encontrou-se na literatura relatos de aumento da pressão na região do médio pé (arco plantar lateral), como característica do pé equino varo do hemiplégico, justificada pela espasticidade dos plantiflexores e musculatura intrínseca do pé^{21,22}.

Estudo da pressão plantar constatou em 111 sujeitos do sexo masculino, com idade média de 28,76 ± 9,88, a distribuição denominada como medial/central, como um padrão de distribuição de pressão próximo de um pé normal, sendo semelhante ao encontrado no nosso estudo após intervenção fisioterapêutica através da estimulação elétrica²³.

O recrutamento ativo dos músculos antagonistas pode atuar no relaxamento do músculo espástico pelo mecanismo de inibição recíproca com o uso do FES. Na inibição recíproca, o prolongamento central dos aferentes do fuso muscular chega à substância cinzenta medular. A partir daí, formam sinapses excitatórias com motoneurônios alfa agonistas e também com interneurônios inibitórios, estabelecendo sinapses com os motoneurônios alfa antagonistas e inibição destes músculos antagonistas²⁴.

O tratamento fisioterapêutico promove uma melhora sobre o recrutamento de unidades motoras, o que garante um melhor desempenho no ato motor, dando por melhora na velocidade destreza e coordenação dos movimentos, além de promover outros benefícios, tais como, melhora na amplitude articular e regulação do tônus muscular²⁵.

Os indivíduos hemiparéticos costumam ter menor amplitude de dorsiflexão e plantiflexão da articulação do tornozelo, velocidade da marcha diminuída e fase de balanceio prolongada, quando comparados com indivíduos saudáveis²⁶. Em um trabalho com 13 indivíduos hemiparéticos, foi constatado que houve melhora da movimentação ativa após o uso do FES, sendo que todos tinham alguma mobilidade, funcional ou não, prévia ao tratamento²⁷. Já

em outro trabalho realizado através de eletromiografia de superfície, a dorsiflexão de pacientes hemiparéticos que utilizaram FES melhorou em 100% dos pacientes²⁸.

Em um estudo semelhante ao proposto por este trabalho, composto de quatro indivíduos que recebiam atendimento fisioterapêutico e que foram estimulados simultaneamente com FES, obteve-se acréscimo em todos os parâmetros mensurados da marcha²⁸.

CONCLUSÃO

No caso estudado, a FES foi considerada segura e efetiva na melhora da ADM ativa e passiva da dorsiflexão, na reeducação muscular, na diminuição da espasticidade, na melhor distribuição de peso do lado afetado com conseqüente melhora da marcha. Nesse sentido, nossos objetivos iniciais foram atingidos, sendo esse um recurso coadjuvante terapêutico importante para pacientes hemiparéticos.

REFERÊNCIAS

- Oliveira MSR, Abramo A, Mendes MRP. Acidente vascular encefálico: análise da função motora de um caso em tratamento na piscina aquecida. *Rev Fisioter Bras.* 2004; 5(6):484-9.
- Cacho EWA, Melo FRLV, Oliveira R. Avaliação da recuperação motora de pacientes hemiplégicos através do protocolo de desempenho físico Fugl-Meyer. *Rev Neuroc.* 2004; 12(2):94-102.
- André C. Manual de AVC. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2005.
- Ryerson SD. Hemiplegia. In: Umphred DA. *Reabilitação neurológica.* 4 ed. São Paulo: Manole; 2004. p.59-136.
- Levy JA, Oliveira ASB. *Reabilitação em doenças neurológicas: guia terapêutico prático.* São Paulo: Atheneu; 2003.
- O'Sullivan SB. Acidente vascular encefálico. In: O'Sullivan SB, Schmitz TJ. *Fisioterapia: avaliação e tratamento.* 4 ed. São Paulo: Manole; 2004. p.519-617.
- Nunes LCBG. Efeitos da eletroestimulação neuromuscular no músculo tibial anterior de pacientes hemiparéticos espásticos [dissertação]. Campinas: Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação; 2004.
- Partridge CJ. Abordagens fisioterapêuticas para o tratamento dos problemas neurológicos: uma perspectiva histórica. In: Edwards S. *Fisioterapia neurológica: uma abordagem centrada na resolução de problemas.* Porto Alegre: Artmed; 1999. p.15-26.
- Smith LK, Weiss EL, Lehmkuhl D. *Cinésiofisiologia clínica de Brunstrom.* 5. ed. São Paulo: Manole; 1997.
- Silva LLM, Moura CEM, Godoy JRP. A marcha no paciente hemiparético. *Universitas.* 2005; 3(2):261-73.
- Anderson TP. Reabilitação de pacientes com derrame cerebral completo. In: Kottke FJ, Lehmann JF. *Tratado de medicina física e reabilitação de Krusen.* 4. ed. São Paulo: Manole; 1994. p.649-69.
- Pickes B, Compton A, Cott C, Simpson J, Vandervoort A. *Fisioterapia na terceira idade.* 2 ed. São Paulo: Santos; 2002.
- Landau WM, Sahrman S. Preservation of directly stimulated muscle strength in hemiplegia due to stroke. *Arch Neurol.* 2002; 59:1453-57.
- Brasileiro JS, Salvini TF. Limites da estimulação elétrica neuromuscular no fortalecimento de músculos esqueléticos saudáveis e com déficit de força. *Fisioter Bras.* 2004; 5 (3):224-30.
- Kitchen S, Bazin S. *Eletroterapia de Clayton.* 10 ed. São Paulo: Manole; 1998.
- Agne JE. *Eletroterapia: teoria e prática.* Santa Maria: Orium; 2004.
- Staub ALP. Utilização da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) em crianças com paralisia cerebral do tipo diplégica espástica [dissertação]. Porto Alegre: 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- Guyton AC, Hall JE. *Tratado de fisiologia médica.* 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.
- Amestoy RDF. *Eletroterapia e eletroacupuntura: princípios básicos...e algo mais.* Florianópolis: Bristot; 1998.
- Perry J, Schoneberger B. *Análise de marcha: marcha patológica.* São Paulo: Manole; 2005.
- Contenções TS, Júnior NJS, Banjar RM, Rangel HAL. Utilização de palmilha eletrônica na avaliação da marcha de portadores de hemiparesia após acidente vascular encefálico. Santos: Universidade Santa Cecília; 2005.
- Bonamigo ECB, Plentz R, Canfield JA. Reeducação da marcha do hemiplégico: um estudo da alteração na distribuição da pressão plantar após programa cinesioterapêutico. In: IX Congresso Brasileiro de Biomecânica; 2001; Gramado. Anais. Porto Alegre: Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2001. p.253-8.
- Manfio EF, Vilardi Junior NP, Abrunhosa VM, Furtado CS, Souza LV. Análise do comportamento da distribuição plantar em sujeitos normais. *Fisioter Bras.* 2001; 2(3) 157-68.
- Rocha JR, Alouche SR. Manejo Fisioterapêutico da espasticidade uma revisão de literatura. *Rev Fisioter UNICID* 2004; 3(2):111-24.
- Cópia R, Pavani CMCM. Tratamento da espasticidade muscular: revisão e estudo das técnicas. *Rev Fisioter Mov.* 2003; 16(13):19-28.
- Corrêa FI, Soares F, Andrade DV, Gondo RM, Peres JA, Fernandes AO, et al. Atividade muscular durante a marcha após acidente vascular encefálico. *Arq. Neuropsiq.* 2005; 63(3-B):847-51.
- Miyazaki MH, Lourenção MI, Sobrinho JBR, Lourenço C, Battistella LR. Estudo da interferência dos déficits motor e sensitivo na função manual de pacientes hemiplégicos submetidos à estimulação elétrica funcional (FES). *Acta Fisiatr.* 1995; 2(3):24-6.
- Gibertoni F, Lopes J, Scoton MK. Análise da marcha hemiplégica após a eletroestimulação funcional. *Rev Reabilitar.* 2003; 5(18):11-6.