

Análise do controle postural após a aplicação da eletroestimulação funcional no acidente vascular encefálico

Analysis of postural control after the application of functional electrical stimulation in stroke patients

Thais Delamuta Ayres da Costa¹, Alessandra Ferreira Barbosa², Maria Fernanda Pauletti Oliveira³, Pedro Cláudio Gonsales de Castro³, Denise Vianna Machado Ayres³, Maria Cecília dos Santos Moreira⁴, José Augusto Fernandes Lopes⁵, Daniel Gustavo Goroso⁵

RESUMO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é o principal acometimento neurológico em adultos no mundo. Pode resultar em déficits neuromotores e cognitivos. Entre os déficits neuromotores observa-se a espasticidade, esta interfere no planejamento dos movimentos e no controle da postura. O sistema de controle da postura é primordial para a independência funcional nas atividades de vida diária e, por isso, é um dos principais objetivos a se atingir em programas de reabilitação. Nestes, diversas condutas terapêuticas visam dar estímulos ao indivíduo para que consiga realizar mais eficientemente os movimentos e controlar a postura. E, entre tantas técnicas, está a estimulação elétrica neuromuscular, a qual contribui para diminuição da espasticidade, além de outros benefícios. Quando utilizada para tarefas funcionais é então denominada estimulação elétrica funcional conhecida como Functional Electrical Stimulation (FES). Tendo em vista a importância do controle da postura nas atividades de vida diária e as contribuições advindas da FES. **Objetivo:** O objetivo do presente estudo foi de observar a resposta do controle postural em dois indivíduos com hemiparesia por AVE após a aplicação de FES em um curto período de tempo. **Método:** O protocolo experimental contou com quatro fases; A: pré FES; B: Imediatamente após a aplicação da FES; C: 45 minutos após a aplicação da FES; D: 90 minutos após aplicação da FES. Em cada fase o participante posicionava-se sobre uma plataforma de força e realizava por três tentativas a tarefa escolhida, o teste do terceiro dedo ao chão. **Resultados:** O software Matlab 7.0 forneceu a variável de Velocidade média do Centro de Pressão no sentido médio-lateral (Vmx) e ântero-posterior (Vmy). Dessa forma, foi possível constatar que mesmo quando os participantes apresentaram uma redução na Vmx e Vmy estas foram menores que 1%. **Conclusão:** Isto possivelmente indique atividade regulatória postural semelhante a etapa pré FES, e, ainda uma menor atividade regulatória postural, quando a Vmx ou Vmy foram maiores que do início, mesmo após a aplicação da FES (90 minutos).

Palavras-chave: Acidente Vascular Cerebral, Postura, Terapia por Estimulação Elétrica

ABSTRACT

Strokes cause the main neurological impairments in adults around the world. They can result in neuromotor and cognitive deficits. Among the neuromotor deficits there is spasticity; this affects the planning of movements and posture control. The postural control system is essential for functional independence in daily life activities and is, therefore, one of the main goals to achieve in rehabilitation programs. These programs have various therapeutic elements aimed at providing stimulus to the individual, which help them control their movements and stance more efficiently. Among these techniques is neuromuscular electrical stimulation, which contributes to decreasing spasticity and other benefits. When used for functional tasks it is called Functional Electrical Stimulation (FES). **Objective:** The purpose of this study was to verify the response of the postural control in two individuals with hemiparesis by stroke after the application of the FES over a short period time. **Method:** The experimental protocol had four phases. A: pre-FES; B: Immediately after the application of FES; C: 45 minutes after the application of FES; D: 90 minutes after application of FES. In each phase, the participants were positioned on a force platform and made three attempts to do the chosen task: touching the fingertip-to-floor test. **Results:** The software Matlab 7.0 provided the variable center-of-pressure velocities along the mediolateral (Vmx) and anteroposterior (Vmy) axes. In this way it was possible to see that, even when the participants showed a reduction in Vmx and Vmy, it was by less than 1%. **Conclusion:** This may indicate postural regulatory activity similar to before the application of FES, and even less postural regulatory activity when the center-of-pressure velocities were greater at the start, even 90 minutes after the application of FES.

Keywords: Stroke, Postural Balance, Electric Stimulation Therapy

¹ Fisioterapeuta, Mestranda em Ciências da Motricidade IB-UNESP/Rio Claro.

² Fisioterapeuta, Hospital do Coração (Hcor).

³ Fisioterapeuta, Instituto de Medicina Física e Reabilitação HC-FMUSP.

⁴ Fisioterapeuta, Diretora do Serviço de Fisioterapia, Instituto de Medicina Física e Reabilitação HC-FMUSP.

⁵ Engenheiro, Instituto de Medicina Física e Reabilitação HC-FMUSP.

Endereço para correspondência:

Instituto de Medicina Física e Reabilitação
Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo
Pedro Cláudio Gonsales de Castro
Rua Diderot, 43, Vila Mariana
CEP 04116-030
São Paulo - SP
E-mail: pedro.castro@hc.fm.usp.br

Recebido em 14 de Fevereiro de 2013.

Aceito em 29 Abril de 2013.

DOI: 10.5935/0104-7795.20130009

INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) é a doença neurológica que mais acomete o adulto em todo o mundo. Ocasionalmente traumas importantes tanto para o indivíduo acometido quanto para os familiares.¹

No AVE é comumente observada a lesão do neurônio motor superior, a qual desencadeia distúrbios motoras, principalmente, devido a espasticidade, uma forma de hipertonia, caracterizada pelo aumento dos reflexos de estiramento tônicos dependentes da velocidade do movimento.²

Em um quadro de espasticidade o repertório motor para o controle do movimento e da postura estão alterados,² o que implica na redução da capacidade funcional, impossibilitando a realização de inúmeras atividades básicas de vida diária.³

Tendo em vista o quadro motor após o AVE, principalmente, pelas alterações devido a espasticidade e suas consequências, observa-se a importância que o indivíduo readquire o controle da postura, ou seja, o controle da posição do corpo no espaço, para que assim retorne a suas atividades de vida diária de forma independente com funcionalidade e segurança.⁴

Dessa forma, por todas as alterações que se observa após o AVE, principalmente, ao controle da postura, vê-se a importância da implementação de um programa de reabilitação que possibilite o indivíduo alcançar sua independência funcional. Este programa deve ser embasado nas necessidades e habilidades individuais e, isto deve ser analisado dentro de uma complexa interação entre déficits neuromotores e cognitivos e, também a influência do meio social. Para que seja possível alcançar os objetivos da reabilitação são usadas diversas técnicas como a cinesioterapia, aplicação de toxina botulínica e a estimulação elétrica neuromuscular.⁵

A estimulação elétrica neuromuscular utiliza impulsos elétricos no sistema nervoso periférico para gerar potenciais de ação. Estes contribuem para a inibição recíproca, ou seja, inibi a ação muscular antagonista durante a contração do agonista. Assim, no caso do AVE, promove a inibição da musculatura espástica para a contração do agonista. Quando utilizada para tarefas funcionais é denominada estimulação elétrica funcional conhecida internacionalmente como *Functional Electrical Stimulation* (FES).⁶

Tendo em vista, a inibição recíproca ocasionada pela FES e com base em alguns estudos como o de Alfieri⁷ que observou, subjetivamente, uma redução na espasticidade, após a aplicação da FES.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi de verificar qual a resposta do controle postural de indivíduos com hemiparesia por AVE após a aplicação de FES em um curto período de tempo.

MÉTODO

Foram convidados a participar do experimento dois pacientes que estavam em programa de reabilitação no modelo de Hemiplegia Leve do Instituto de Medicina Física e Reabilitação do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IMREA/HC-FMUSP), das Unidades Estação Lapa e Clínicas. O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Movimento da Unidade Vila Mariana.

Apresentação dos participantes

Os participantes com diagnóstico médico de AVE crônico (mais de 1 ano de lesão). Apresentaram grau 2 de espasticidade em membros inferiores (MMII) pela escala de Ashworth modificada;⁸ grau de força muscular para dorsiflexão ≥ 3 pela escala de graduação de força Kendall⁹ e deambulavam independentemente. Os participantes foram chamados de participante 1 (p1) e participante 2 (p2).

Protocolo Experimental

Foram utilizados como equipamentos um sistema de plataformas de forças (AMTI, OR6-7-1000) (Figura 1). Para a aplicação da FES usou-se um eletroestimulador da marca *Kroman*, modelo *Quadrakron KC 170* (Figura 2).

O protocolo experimental consistiu, inicialmente, pelo mapeamento do ponto motor que foi realizado no dia anterior a coleta. A coleta de dados foi dividida em 4 fases, as quais foram denominadas respectivamente como A (pré FES), B (imediatamente após a aplicação da FES), C (45 minutos após a aplicação da FES) e D (90 minutos após a aplicação da FES).

Em todas as fases os participantes realizaram como tarefa o teste do terceiro dedo ao chão, que

consiste na realização do movimento de flexão anterior de tronco com os membros superiores a frente do corpo.¹⁰ Esta tarefa foi escolhida para ocasionar uma perturbação motora (Figura 1).

A tarefa foi iniciada e finalizada após um estímulo sonoro fornecido pelo sistema do laboratório, o participante manteve-se por 15 segundos na posição final da tarefa, em flexão anterior de tronco. Esta tarefa foi repetida por três vezes, respeitando o descanso de um minuto entre cada tentativa.

Para a aplicação da FES foram utilizados dois eletrodos de 5 cm com frequência de 20 Hz, largura do pulso de 300us, rampa de subida de 2s, rampa de descida de 2s, tempo de contração de 6s, tempo de repouso de 12s e intensidade suficiente para provocar grau de contração mínima de dorsiflexão do tornozelo, sem que houvesse movimento articular. Durante a aplicação da FES os participantes permaneceram sentados, mantendo as articulações do quadril, joelho e tornozelo em aproximadamente 90°. O tempo de aplicação foi de 40 minutos (Figura 2).

Análise dos dados

Os dados brutos do CP nas coordenadas x, sentido ântero-posterior (CPx) e médio-lateral (CPy) no intervalo de 15 segundos foram obtidos pelo *Software EVArT* em uma frequência de aquisição de 1000 Hz e, exportados para *Microsoft Excel*, no qual foram eliminados os primeiros 5 segundos da tarefa afim de analisar somente a postura de máxima flexão anterior de tronco que os participantes alcançaram na tarefa. Ainda no *Microsoft Excel*, realizou-se uma subamostragem dos dados para uma frequência de 100 Hz.

Em seguida, o *software Matlab 7.0* forneceu as variáveis de Velocidade média do CP no sentido médio-lateral (*Vmx*) e ântero-posterior (*Vmy*). Os dados obtidos, referentes à posição do CP, na plataforma foram transmitidos ao computador por sinais submetidos a um filtro passa-baixa de segunda ordem, criticamente amortecido, com frequência de 1050 Hz.

Para cada variável de *Vmx* e *Vmy*, fez-se uma média das três tentativas realizadas em cada fase (A, B, C e D).

RESULTADOS

Vmx e Vmy do p1

A *Vmx* nas etapas A, B, C e D foi, respectivamente, de 3,24 cm/s ($\pm 0,42$), 2,66 cm/s



Figura 1. Teste 3º dedo ao chão

($\pm 0,20$), 3,19 cm/s ($\pm 0,29$) e 3,22 ($\pm 0,41$). Dessa forma, observa-se que da etapa A para a B houve uma redução de 17,90% na *Vmx*, seguindo com um aumento da mesma de 16,61% na etapa C, em comparação a B e, ainda leve acréscimo da etapa C para D de 0,93%. Quando analisada a *Vmx* da etapa A para a D, é possível constatar uma discreta redução de 0,62%.

Nas etapas A, B, C e D a *Vmy* foi, respectivamente, de 3,76 cm/s ($\pm 0,46$), 3,14 cm/s ($\pm 0,44$), 4,16 cm/s ($\pm 0,46$) e 4,07 cm/s ($\pm 0,67$). Da etapa A para B houve uma diminuição de 16,49% da *Vmy*, seguida por um aumen-

to de 24,52% de B para C. Na etapa D a *Vmy* demonstrou pequena redução de 2,16%, porém ainda mostrou-se 7,62% maior, quando comparada a etapa A.

Vmx e Vmy do p2

A *Vmx* nas etapas A, B, C e D foi de, respectivamente, 2,64 cm/s ($\pm 0,20$), 2,72 cm/s ($\pm 0,25$), 3,02 cm/s ($\pm 0,21$) e 2,84 cm/s ($\pm 0,23$). Por isso, pôde-se observar um discreto aumento da *Vmx* da etapa A para a B de 2,94%, tal comportamento manteve-se da etapa B para C, com um aumento de 9,93%.

Já de C para D nota-se uma redução na *Vmx* de 5,96%, porém, mesmo com esta redução, a *Vmx* na etapa D manteve-se maior que a A em 7,04%.

Nas etapas A, B, C e D a *Vmy* foi, respectivamente, de 3,36 cm/s ($\pm 0,10$), 3,31 cm/s ($\pm 0,45$), 3,54 cm/s ($\pm 0,28$) e 3,34 cm/s ($\pm 0,41$). Dessa forma, nota-se uma discreta redução de 1,49% da *Vmy* da etapa A para B. Todavia, de B para C, ocorre um aumento de 6,50%. Já de C para D a *Vmy* volta a diminuir, tendo uma redução de 5,65%. Quando comparada a etapa D, em relação a A, é possível identificar uma discreta redução de 0,59% na *Vmy*.

DISCUSSÃO

A análise das variáveis estudadas demonstraram que os participantes apresentaram comportamentos posturais semelhantes.

A *Vm* do CP pode ser interpretada como a variável que melhor retrata as condições do indivíduo em relação ao controle da postura, ou seja, a quantidade de atividade regulatória necessária para atingir a estabilidade almejada.^{11,12}

Em relação ao presente estudo, o p1 apresentou uma diminuição na *Vmx* e *Vmy* (Figuras 3 e 4), apenas na etapa B, imediatamente após a aplicação da FES, porém demonstrou um aumento da mesma nas etapas seguintes, mantendo-se na etapa D, ao final, com *Vmx* e *Vmy* muito próximas ao do início, condição prévia a aplicação da FES. Já o p2 mostrou apenas uma leve diminuição da *Vmx* e *Vmy* (Figuras 5 e 6) na etapa B com aumento na etapa C e, ao final em D, manteve-se próximo a etapa A. Interessantemente a *Vmx* do p2, ao contrário da *Vmy*, na etapa B, apresentou-se com aumento, comportamento este que manteve-se na etapa C e, então ao final, em D decaiu a valores próximos aos iniciais, da etapa A. Dessa forma, observa-se que, mesmo com as oscilações citadas entre as etapas, ao final, após 90 minutos da aplicação da FES, tanto p1 como p2 permaneceram com *Vmx* e *Vmy* (Figuras 3, 4, 5, 6) próximas as do início, anteriormente a aplicação da FES.

Por conseguinte se a *Vm* do CP pode indicar o nível de atividade regulatória requisitada para o controle da postura; os participantes do presente estudo, ao final do experimento, na etapa D, mesmo quando os participantes apresentaram uma redução na *Vmx* e *Vmy* estas foram menores que 1%, o que possivelmente

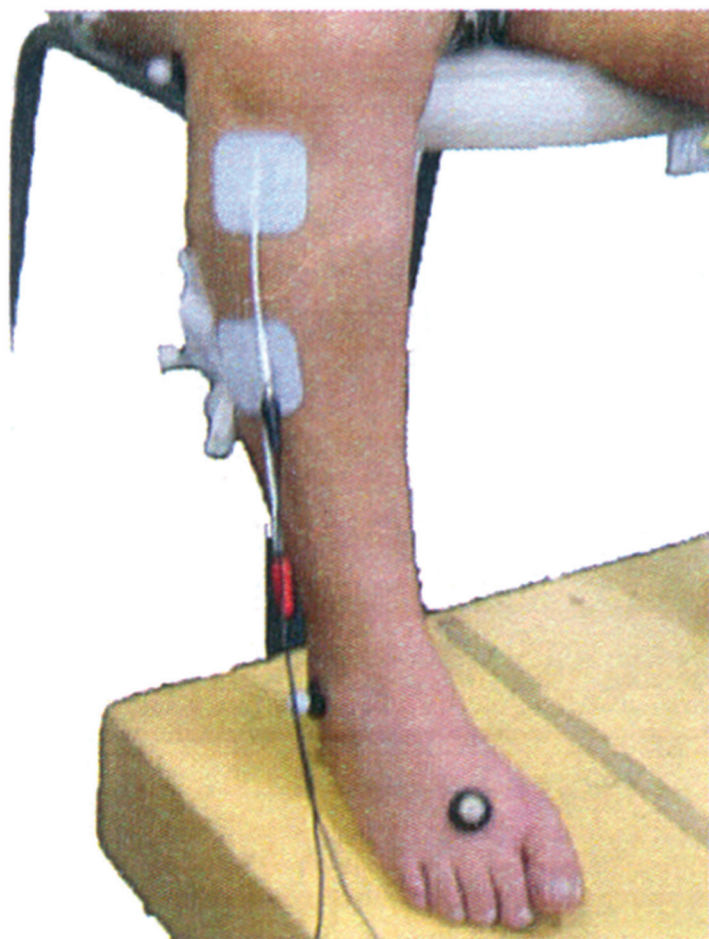
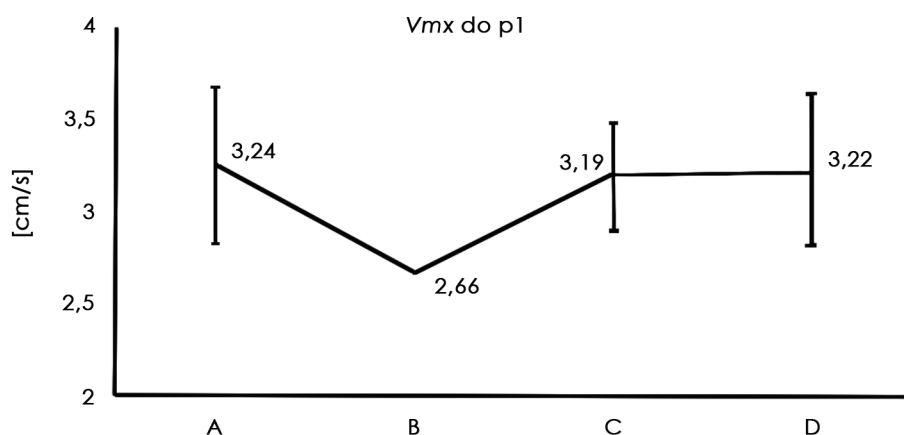


Figura 2. Participante durante a aplicação da eletroestimulação



A: PréFes; B: Imediatamente após FES; C: 45 minutos após FES; D: 90 minutos após FES

Figura 3. Vmx nas etapas A, B, C e D

indique atividade regulatória postural semelhante a etapa pré FES, e, ainda uma menor atividade regulatória postural, quando a V_m do CP foi maior que do início.

Assim, o comportamento do controle postural do p1 e p2, em relação aos ajustes posturais utilizados no início e final do experimento, pela interpretação das variáveis de V_{mx} e V_{my} , foi similar antes e após 90 minutos da aplicação da FES.

Tais achados podem estar relacionados ao tipo de protocolo utilizado, uma vez que no presente estudo fez-se somente uma sessão de aplicação da FES enquanto que na maior parte dos protocolos são feitas de três a cinco aplicações por semana de um a cinco meses.^{13,14,15}

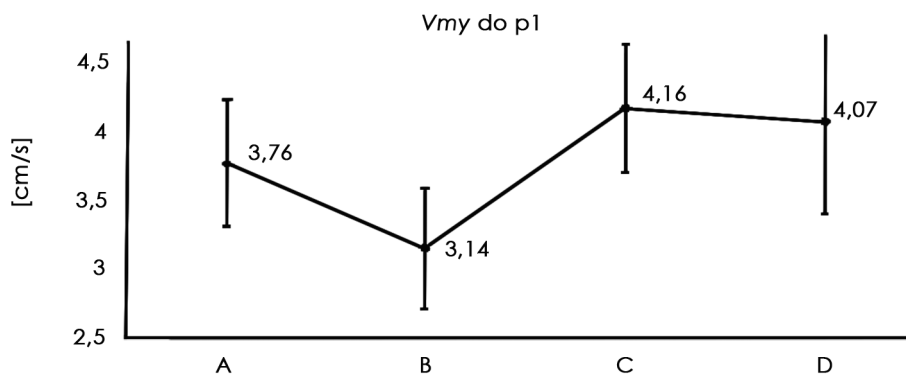
Dessa forma, apenas uma aplicação da FES, ou seja em um curto período de tempo, provavelmente, não seja suficiente para que se observe a formação de novos engramas neuromotores e, assim, o aprimoramento do controle postural como os achados do presente estudo apontaram. Todavia, em relação a outros benefícios que a FES pode proporcionar como na redução da espasticidade, Alfieri⁷ observou uma diminuição da mesma em até uma hora após a aplicação da FES.

Além disso, muitos estudos demonstram os benefícios de associar a aplicação da FES à terapia convencional, na qual são enfatizados alongamentos e fortalecimentos musculares como também a estimulação do equilíbrio estático e diâmico. Estes trabalhos apresentam resultados positivos para atividades funcionais como a marcha e, conseqüentemente para o sistema de controle da postura.^{14,15}

Desse modo, em futuros estudos o aumento no número de sessões para aplicação da FES e a associação à terapia convencional possa trazer novos resultados que caracterize melhor a duração de possíveis efeitos da FES ao controle da postura nessa população.

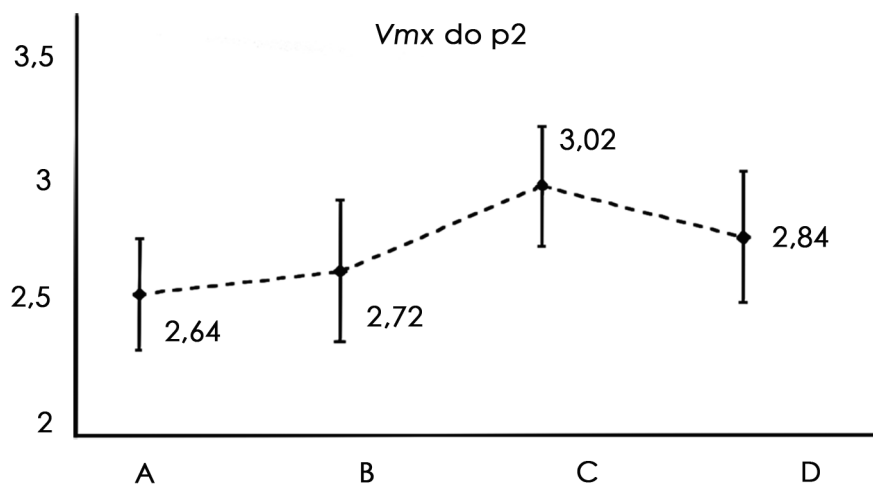
CONCLUSÃO

O presente estudo observou que a aplicação da FES em indivíduos hemiparéticos por AVE em um curto período de tempo não mostrou, segundo as variáveis analisadas, respostas mais eficientes no controle da postura. Ou seja, o efeito da FES por uma única aplicação não demonstrou efeito duradouro após os 90 minutos de aplicação em relação ao controle da postura. Dessa forma, há a necessidade da realização de estudos que associem protocolos da FES a terapia convencional e, além disso, uma maior casuística.



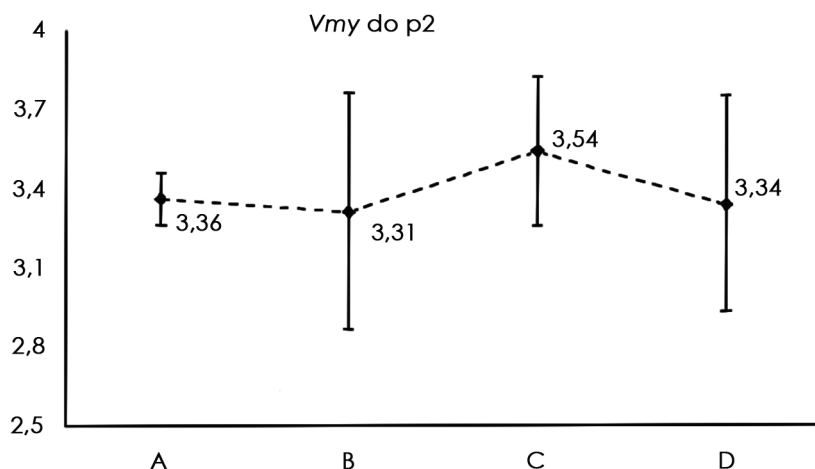
A: PréFes; B: Imediatamente após FES; C: 45 minutos após FES; D: 90 minutos após FES

Figura 4. Vmy do p1 nas etapas de A, B, C e D



A: PréFes; B: Imediatamente após FES; C: 45 minutos após FES; D: 90 minutos após FES

Figura 5. Vmx nas etapas A, B, C e D



A: PréFes; B: Imediatamente após FES; C: 45 minutos após FES; D: 90 minutos após FES

Figura 6. Vmy do p2 nas etapas A, B, C e D

REFERÊNCIAS

- Dam M, Tonin P, Casson S, Ermani M, Pizzolato G, laia V, et al. The effects of long-term rehabilitation therapy on poststroke hemiplegic patients. *Stroke*. 1993;24(8):1186-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.24.8.1186>
- Ward AB. Long-term modification of spasticity. *J Rehabil Med*. 2003;(41 Suppl):60-5.
- Muren MA, Hütler M, Hooper J. Functional capacity and health-related quality of life in individuals post stroke. *Top Stroke Rehabil*. 2008;15(1):51-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1310/tsr1501-51>
- Benaïm C, Pérennou DA, Villy J, Rousseaux M, Pelissier JY. Validation of a standardized assessment of postural control in stroke patients: the Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS). *Stroke*. 1999;30(9):1862-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.30.9.1862>
- Mauritz KH. Gait training in hemiparetic stroke patients. *Eura Medicophys*. 2004;40(3):165-78.
- Robinson AJ, Snyder-Mackler L. Eletrofisiologia clínica - eletroterapia e teste eletrofisiológico. 2 ed. Porto Alegre: Artmed; 2001.
- Alfieri V. Electrical treatment of spasticity. Reflex tonic activity in hemiplegic patients and selected specific electrostimulation. *Scand J Rehabil Med*. 1982;14(4):177-82.
- Greve JMD. Tratado de medicina de reabilitação. São Paulo: Roca; 2007.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Músculos, provas e funções. São Paulo: Manole; 1995.
- Perret C, Poiraudou S, Fermandian J, Colau MM, Benhamou MA, Revel M. Validity, reliability, and responsiveness of the fingertip-to-floor test. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82(11):1566-70. DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/apmr.2001.26064>
- Cornilleau-Pérès V, Shabana N, Droulez J, Goh JC, Lee GS, Chew PT. Measurement of the visual contribution to postural steadiness from the COP movement: methodology and reliability. *Gait Posture*. 2005;22(2):96-106. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.07.009>
- Raymakers JA, Samson MM, Verhaar HJ. The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Posture*. 2005;21(1):48-58. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2003.11.006>
- Mesci N, Ozdemir F, Kabayel DD, Tokuc B. The effects of neuromuscular electrical stimulation on clinical improvement in hemiplegic lower extremity rehabilitation in chronic stroke: a single-blind, randomised, controlled trial. *Disabil Rehabil*. 2009;31(24):2047-54. DOI: <http://dx.doi.org/10.3109/09638280902893626>
- Cheng JS, Yang YR, Cheng SJ, Lin PY, Wang RY. Effects of combining electric stimulation with active ankle dorsiflexion while standing on a rocker board: a pilot study for subjects with spastic foot after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(4):505-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2009.11.022>
- Yan T, Hui-Chan CW, Li LS. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: a randomized placebo-controlled trial. *Stroke*. 2005;36(1):80-5. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000149623.24906.63>