

# Avaliação da marcha em paciente com paralisia cerebral submetido à estimulação elétrica dos compartimentos anterior e lateral da perna

## *Gait analysis of a cerebral palsy patient submitted to electrical stimulation of the anterior and lateral compartments of the leg*

Tiago Lazzaretti Fernandes<sup>1</sup>, Klévia Bezerra Lima<sup>2</sup>, Paulo Roberto Santos-Silva<sup>3</sup>, Milton Seigui Oshiro<sup>4</sup>, Adilson de Paula<sup>5</sup>

### RESUMO

Crianças com lesão do neurônio motor superior possuem déficits funcionais desafiadores. As alterações de marcha são conseqüências da espasticidade, padrão primitivo locomotor, pobre controle motor central e controle debilitado da propriocepção. O objetivo do presente estudo é mostrar os benefícios da eletro-estimulação no padrão da marcha do paciente com paralisia cerebral através do laboratório de marcha e teste ergoespirométrico. Método: Paciente do grupo de Neuro-ortopedia do IOT HC-FMUSP, sexo feminino, 24 anos, estudante, portadora de paralisia cerebral do tipo diplégico espástico, deambuladora comunitária e pés eqüinos flexíveis. Equipamento de análise de marcha: HAWK, Motion Analysis Corporation. Analisador metabólico CPX-D, Medgraphics, EUA. Estimulador elétrico modelo EEF-4, Lynx Tecnologia. Frequência de estímulo de 20Hz, ON/OFF 5s/10s, 40min, 3X/semana por 1,5 meses

nos compartimentos anterior e lateral das pernas. Resultado: dorsiflexão fase de balanço pé direito e esquerdo anterior ao estímulo: 2,12° e -0,17°, respectivamente. Após 1,5 meses do término do protocolo: dorsiflexão pé direito=7,54°, dorsiflexão pé esquerdo=5,31°. Ergoespirometria: Aumento do tempo de tolerância ao exercício (TT) em 194%, PO2 em 50%, VO2 em 17% e economia energética relativa a 22% da FC. Conclusão: a estimulação elétrica da perna pode ser responsável por alterações na cinemática não só do tornozelo, mas de todo o membro inferior, influenciando o padrão da marcha e a condição cardiopulmonar do paciente com paralisia cerebral.

**Palavras-chave:** Paralisia Cerebral, Pé Equino, Estimulação Elétrica, Marcha, Consumo de Oxigênio

### ABSTRACT

Children with upper motor neuron injuries have challenging functional deficits. Their gait deviations are a consequence of spasticity, persistent primitive locomotor patterns, poor selective motor control and impaired proprioception. The objective of this study is to show the benefits of electrical stimulation on gait patterns of patients with cerebral palsy through gait analysis and cardiopulmonary exercise test. Methods: patient from Neuro-orthopedic group of IOT HC-FMUSP, female, 24 years-old, student, cerebral palsy with spastic diplegia, communitarian ambulation and flaccid bilateral equinus foot. Gait analysis equipment: HAWK, Motion Analysis Corporation. Metabolic analyzer: CPX-D, Medgraphics, USA. Electrical stimulator: EEF-4, Lynx Tecnologia. Electrical stimulation using 20Hz, ON/OFF 5sec/10sec, 40min, 3 times a week for 1.5 months on anterior and lateral

leg muscles. Results: in swing phase, before stimulus, right and left ankle dorsiflexion = 2.12° and -0.17°, respectively. 1.5 months after last stimulus, right and left ankle dorsiflexion = 7.54° and 5.31°, respectively. Cardiopulmonary analysis: improvement in exercise tolerance of 194%, 50% in O2P, 17% in VO2 and energetic economy of 22% of HR. Conclusion: leg's electrical stimulation may be responsible for cinematic improvements not only of the ankles but all lower limbs, influencing gait patterns and cardiopulmonary conditions of patients with cerebral palsy.

**Keywords:** Cerebral Palsy, Equinus Deformity, Electrical Stimulation, Gait, Oxygen Consumption

- 1 Ortopedista e Traumatologista, Mestrando do Departamento de Ortopedia e Traumatologia IOT HC-FMUSP e Colaborador do Centro de Excelência Médica da FIFA
- 2 Fisioterapeuta, Serviço de Fisioterapia do Instituto de Ortopedia e Traumatologia IOT HC-FMUSP
- 3 Fisiologista, Laboratório de Estudos do Movimento (LEM-LIM 41) IOT HC-FMUSP
- 4 Coordenador, Laboratório de Bioengenharia do Instituto de Medicina Física e Reabilitação IMREA HC-FMUSP
- 5 Chefe do Grupo de Neuro-Ortopedia do Instituto de Ortopedia e Traumatologia IOT HC-FMUSP

Doi: 10.11606/issn.2317-0190.v18i1a103517

### ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Tiago Lazzaretti Fernandes • Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 333 - 2º andar (LEM) • São Paulo / SP • CEP 05403-010  
E-mail: tiago.lazzaretti@usp.br

## INTRODUÇÃO

Crianças com lesão do neurônio motor superior possuem déficits funcionais desafiadores. As alterações de marcha são conseqüências da espasticidade, padrão primitivo locomotor, pobre controle motor central e controle debilitado da propriocepção.<sup>1,2</sup> O déficit da inibição recíproca nos pacientes com paralisia cerebral provoca co-contracção da musculatura antagonista quando da estimulação voluntária do músculo tibial anterior.<sup>3</sup>

A marcha normal é um processo extremamente complexo constituído por padrões motores seletivos sinérgicos como reflexos medulares e incorporação de aprendizado de padrões motores.<sup>1,4,5</sup>

A transformação da energia potencial para energia cinética e posterior aceleração do corpo é um processo cíclico que ocorre durante a marcha. Esta transformação energética é efetiva, contudo, aproveita-se somente 30% a 50% desta energia potencial.<sup>1,2</sup>

O ciclo da marcha é dividido em duas fases: apoio e balanço. A marcha normal permite a cada membro realizar três tarefas a cada fase do ciclo: contenção do peso, apoio individual do membro e avanço do membro.<sup>2</sup> Eventos patológicos da marcha comprometem a realização destas tarefas e aumentam o gasto energético na deambulação.

A ergoespirometria é reconhecida como um dos melhores meios de se avaliar a capacidade funcional de indivíduos com graus variados de aptidão física.<sup>6</sup> É um método dinâmico quantitativo, de fácil manuseio, não invasivo e reproduzível no paciente com paralisia cerebral.

Observamos que pacientes com alterações da marcha decorrentes de lesões neurológicas centrais ou periféricas beneficiam-se consideravelmente da eletroestimulação. Os protocolos atuais vislumbram a localização do ponto motor, a utilização de períodos de corrente elétrica ligado-desligado que evitam a fadiga muscular, além da forma e comprimento de onda com melhor tolerabilidade pelo paciente.

O objetivo do presente estudo foi mostrar o potencial benefício da estimulação elétrica no padrão da marcha do paciente com paralisia cerebral através da avaliação por método científico proporcionado pelo laboratório de marcha e teste ergoespirométrico.

## CASO

A paciente selecionada é acompanhada pelo Grupo de Neuro-Ortopedia do Instituto de

Ortopedia e Traumatologia do HC-FMUSP, 24 anos, estudante de administração, portadora de paralisia cerebral do tipo diplégico espástico, deambuladora comunitária e pés eqüinos não estruturados bilaterais. Submetida às cirurgias: osteotomia derrotariva femoral bilateral, liberação da musculatura adutora e ísquiotibiais bilateral e cirurgia de Vulpius (alongamento dos gastrocnêmios) bilateral.

O paciente concordou em participar do estudo e assinou o termo de consentimento informado livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pela comissão de ética da instituição e está em acordo com os princípios éticos contidos na Declaração de Helsinki (2000). Todas as avaliações foram realizadas seguindo a rotina de solicitação de exames do Grupo de Paralisia Cerebral em parceria com o Laboratório de Marcha do Instituto de Medicina Física e de Reabilitação (IMREA HC FMUSP).

## Avaliação Clínica

O protocolo compreendeu as seguintes etapas:

- Dia 1: laboratório de marcha;
- Dia 2: teste ergoespirométrico;
- Protocolo de eletro-estimulação por 1,5 meses;
- Término do protocolo: avaliação = Dia 1;
- 1,5 meses término do protocolo: avaliação = Dia 1 e 2;

1. *Dia 1:* utilizado o equipamento de análise de marcha HAWK, fabricante Motion Analysis Corporation, oito câmeras digitais; 3 plataformas de força (AMTI); eletromiógrafo telemétrico de oito canais marca Noraxon; software Evert5; software de aferimento angular Orthotrak. Foram extraídas as informações relativas à cinemática do movimento dos pés na fase de balanço e fase de apoio tendo como valor de referência 90° de dorsiflexão.

2. *Dia 2:* teste ergoespirométrico realizado no Laboratório do Estudo do Movimento (LEM), IOT HC-FMUSP. Analisador metabólico CPX-D, Medgraphics, EUA; esteira modelo 10200 ATL, Imbramed, BRA; ECG computadorizado (6.4, Heartware, BRA), com inclinação de 1%, de formato retangular (velocidade constante) conforme conforto para deambulação do paciente (2km/h). Mensurados VO<sub>2</sub> máx, tempo de tolerância do exercício (TT), frequência cardíaca (FC) e pulso de oxigênio (PO<sub>2</sub>).

3. *Protocolo de eletro-estimulação:* ciclo de estímulo elétrico realizado no setor de Fisioterapia do IOT HC-FMUSP pelo fisioterapeuta, sob supervisão médica, compreendendo o período de 6 semanas com 3 aplicações semanais.

Estimulador elétrico projetado pelo Laboratório de Bioengenharia do IOT HC-FMUSP, modelo EEF-4, quatro canais de ajustes independentes, Empresa Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda, frequência 1-2000Hz, largura de pulso 80-3000mseg.

Os eletrodos foram posicionados de acordo com conceitos anatômicos, visualização da contração muscular efetiva e movimento de dorsiflexão e eversão esperados, isolando-se os músculos do compartimento anterior e lateral da perna: músculos tibial anterior, extensor longo dos dedos, extensor longo do hálux e fibulares longo e curto.

Aplicação do estímulo elétrico na frequência de 20Hz (fibra do tipo I) respeitando-se o ciclo temporal de cinco segundos ligado e dez segundos em repouso, de intensidade de acordo com a tolerância do paciente ao estímulo por 40 minutos.

4. *Análise dos dados:* os resultados obtidos a partir do laboratório de marcha e ergoespirometria foram interpretados e laudados por dois pesquisadores independentes ao estudo. Se houvesse discordância dos valores obtidos, um terceiro pesquisador qualificado seria solicitado para decisão final.

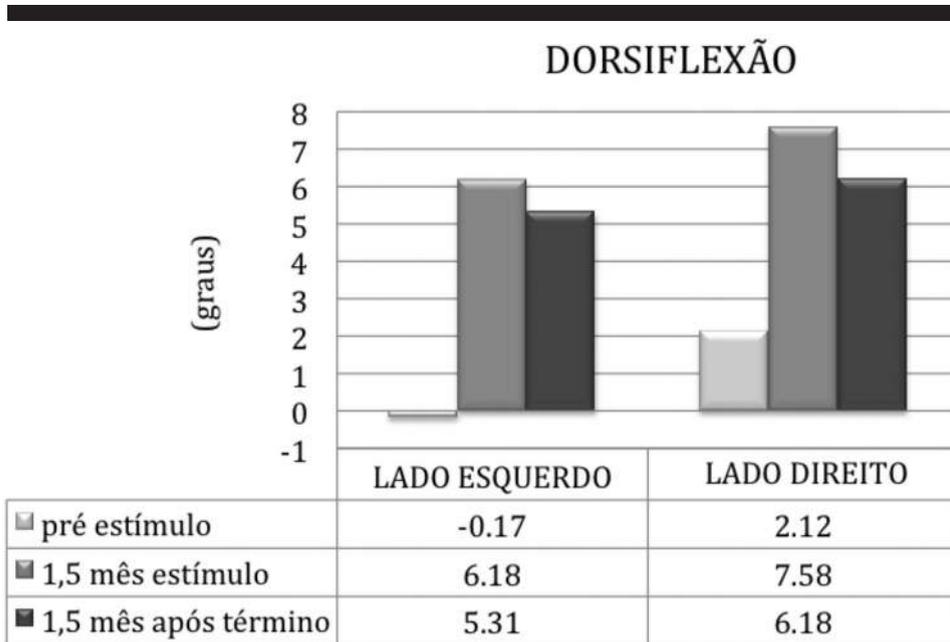
## RESULTADOS

### Exame de marcha

- Exame pré-protocolo: atraso e limitação de dorsiflexão dos tornozelos direito e esquerdo de 2,12° e -0,17° na fase de balanço, respectivamente. Fase de apoio sem limitação da dorsiflexão e leve desprendimento precoce dos calcâneos.
- Exame após protocolo completo: fase de apoio sem alteração. Dorsiflexão no balanço com magnitude e tempo de ocorrência dentro da normalidade.
- Exame após 1,5 meses do término do protocolo: Dorsiflexão na fase de apoio adequada. Dorsiflexão máxima do tornozelo direito na fase de balanço = 7,54°. Lado esquerdo com discreta perda de dorsiflexão. Dorsiflexão máxima na fase de balanço lado esquerdo = 5,31° (Figura 1).

A melhora da dorsiflexão foi responsável pelo fim do contato dos pododáctilos e hálux do paciente ao solo durante a fase de balanço.

Notou-se que na fase inicial do apoio, ou apoio do retropé, o calcâneo apresentou contato inicial ao solo anterior aos pododáctilos. Fato não observado anteriormente à estimulação elétrica.



**Figura 1** - Dorsiflexão dos tornozelos esquerdo e direito: pré-estímulo, após protocolo completo e após 1,5 meses do término do protocolo.

gera maior autonomia de deambulação e assim sucessivamente.

As melhoras do equilíbrio e do padrão da marcha referidas pelo paciente podem estar relacionadas não somente ao aumento da força muscular, mas também pela facilitação na integração do sinal na medula espinhal e a uma nova memória do movimento no córtex motor.

## CONCLUSÃO

Acreditamos que o estímulo da musculatura anterior e lateral da perna seja responsável por alterações na cinemática não só do tornozelo, mas de todo o membro inferior, influenciando o padrão da marcha visivelmente e melhorando a condição cardiopulmonar do paciente com pés equinos flexíveis na paralisia cerebral.

## AGRADECIMENTOS

Aos doutores Carlos Alberto dos Santos e Mauro C. Morais Filho pela realização dos exames de marcha, Dr. Marcelo Riberto, Profa. Dra. Julia Maria D'Andrea Greve, Dr. André Pedrinelli, Prof. Dr. Arnaldo José Hernandez e Prof. Dr. Tarcísio Eloy de Barros Filho.

## REFERÊNCIAS

- Gage JR. Gait analysis. An essential tool in the treatment of cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(288):126-34.
- Perry J. Pathologic gait. *Instr Course Lect.* 1990;39:325-31.
- Tedroff K, Knutson LM, Soderberg GL. Synergistic muscle activation during maximum voluntary contractions in children with and without spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48(10):788.
- Grillner S. Neurobiological bases of rhythmic motor acts in vertebrates. *Science.* 1985 Apr 12;228(4696):143-9.
- Postans NJ, Granat MH. Effect of functional electrical stimulation, applied during walking, on gait in spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2005;47(1):46-52.
- Weisman IM, Marciniuk D, Martinez FJ, Sciarba F, Sue D, Myers J. Indications for cardiopulmonary exercise testing. *ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing.* *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;167(2):211-77.

**Tabela 1** - Parâmetros cardiorrespiratórios e metabólicos antes e após 1,5 meses do término da neuro-estimulação (1% inclinação; 2km/h)

Variáveis	Pré-protocolo	Após 1,5 meses término protocolo
TT max (min)	18	53
FC máx (bpm)	155	121
VO <sub>2</sub> máx (ml/kg/min)	16,3	19,1
VO <sub>2</sub> máx (ml/min)	710	830
PO <sub>2</sub> max (ml/FC)	4,58	6,86

## Teste ergoespirométrico

Os ajustes cardiorrespiratórios centrais e periféricos estimados pelas respostas antes e após as sessões da estimulação elétrica aumentaram o TT em 194%, o PO<sub>2</sub> em 50%, o VO<sub>2</sub> em 17% e houve economia energética relativa a 22% da FC (Tabela 1).

Após o primeiro dia de aplicação do estímulo elétrico, o paciente também mencionou melhora subjetiva no padrão do equilíbrio e menor número de quedas até a sessão seguinte.

## DISCUSSÃO

O laboratório de marcha mostrou-se uma boa ferramenta para a mensuração dos ganhos que a estimulação elétrica é capaz de proporcionar aos pacientes com paralisia cerebral.

A seleção do paciente com queixa de morbidade leve localizada com o pé equino não estruturado revelou-se proveitosa para o estudo dos efeitos da eletro-estimulação na qualidade de marcha.

A periodização do estímulo e a frequência de onda de 20Hz (estímulo de fibras do tipo I de metabolismo aeróbio e resistentes a fadiga) selecionadas não ocasionaram cansaço ou fadiga muscular. Notamos também que não é incomum o posicionamento dos eletrodos variarem no decorrer do protocolo, visto que não existe um ponto motor pré-estabelecido e em geral os pacientes iniciam o protocolo com atrofia ou hipotrofia muscular.

O melhor aproveitamento energético observado mesmo após 1,5 meses do término do protocolo pode ser devido a um ciclo virtuoso em que o melhor padrão da marcha