

## METODOLOGIA PARA O ESTUDO DE VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM A MEDIDA DO LIMIAR DO REFLEXO DE ESTIRAMENTO TÔNICO

A. N. Silva\*, I. A. Marques\*, M. B. Silva\*, E. L. M. Naves\*, A. B. Soares\*

\* Laboratório de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil  
email: andrei.ufu@gmail.com

**Resumo:** A espasticidade é uma desordem motora que afeta milhões de pessoas mundialmente. A sua patofisiologia pode ser complexa envolvendo diferentes circuitos da medula ou de regiões centrais. A proposta da avaliação da espasticidade por meio da medida do limiar do reflexo de estiramento tônico (LRET) surge como uma proposta quantitativa, evitando a subjetividade encontrada em outros métodos aplicados na prática clínica. Apesar de promissora, esta medida depende do protocolo experimental com as ferramentas para o processamento do sinal eletromiográfico (EMG) e para a calibração do eletrogoniômetro (EGM) sendo variáveis que podem determinar se o LRET encontrado é confiável e fisiologicamente coerente. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar a proposta de um estudo que avalie como diferentes técnicas para detecção do início da atividade muscular (*onset*) e de calibração do EGM podem influenciar a medida do LRET.

**Palavras-chave:** Espasticidade, Limiar do reflexo de estiramento tônico, detecção de *onset* do EMG, calibração de eletrogoniômetro.

**Abstract:** *Spasticity is a motor disorder that affects millions of people worldwide. Its pathophysiology is rather complex and might involve different circuitries in the spinal cord and central regions. It has been proposed that the measurement of the tonic stretch reflex threshold (TSRT) can be a quantitative method for the assessment of spasticity, nullifying the subjectivity observed in other clinical procedures. However, in spite of being a promising method it depends on the experimental setup, with the EMG signal processing tools and EGM calibration as potential variables that might determine whether the TSRT is valid, reliable and physiologically coherent. In this context the objective of this work is to propose an analysis on how exactly different EMG onset detection and EGM calibration methods might affect the measurement of the TSRT.*

**Keywords:** *Spasticity, tonic stretch reflex threshold, EMG onset detection, electromyometer calibration.*

### Introdução

A espasticidade pode ser definida, segundo Lance [1], como uma desordem motora caracterizada por um aumento, velocidade-dependente, do reflexo de estiramento tônico (tônus muscular) [1]. A

patofisiologia da espasticidade pode variar de acordo com sua origem que pode ser em decorrência de um acidente vascular encefálico (AVE) ou de lesões na medula espinhal, por exemplo [2].

A técnica mais comum para avaliar a espasticidade é a Escala Modificada de Ashworth que faz uma medida do tônus muscular do paciente. Ela caracteriza-se pela subjetividade, dependendo da experiência e da habilidade do terapeuta, podendo haver, desta forma, discrepâncias na avaliação de um mesmo paciente por diferentes avaliadores. Sendo assim, existe uma necessidade do desenvolvimento de uma técnica quantitativa que garanta um resultado exato e independente do avaliador [3].

Uma técnica proposta para solucionar este problema é a medida indireta do limiar do reflexo de estiramento tônico (LRET). Esta técnica, fundamentada pela teoria de controle motor elaborada por Feldman e colaboradores [4], representa uma estimativa da excitabilidade dos motoneurônios mediada por vias descendentes do tronco encefálico. Este método requer que o terapeuta execute vários reflexos de estiramento em diferentes velocidades, sendo que o LRET pode ser estimado por um método de regressão de acordo com os valores de ângulo e velocidade no qual o reflexo é evocado, sendo estes detectados no momento em que a musculatura exibe um aumento na sua atividade [5, 6].

Considerando a medida do LRET como uma técnica quantitativa para a análise da espasticidade, o objetivo deste trabalho é propor uma metodologia que permita a análise do efeito que diferentes técnicas de detecção do *onset* do EMG e de calibração do EGM podem ter sobre a sua medida e sua confiabilidade e como elas contribuem positivamente ou negativamente para tal propósito.

### Materiais e métodos

**Instrumentação** - Foi utilizado o eletromiógrafo MyosystemBr1 da DataHominis Tecnologia que oferece oito canais EMG e quatro canais auxiliares e um EGM da EMG System do Brasil. Os filtros dos canais EMG foram configurados em 20 Hz para o passa-alta e 1000 Hz para o passa-baixa com o ganho sendo ajustado de acordo com o paciente. A taxa de amostragem utilizada foi de 10 kHz e o EGM foi calibrado utilizando-se dois pontos e regressão linear simples. A Figura 1 apresenta o equipamento utilizado nas coletas.



Figura 1: MyosystemBr1

**Protocolos de coleta** - Os sinais a serem usados para análise foram coletados segundo o protocolo experimental de Silva [7], que aplicou o método do LRET para avaliação da espasticidade em pacientes pós-AVE. As sessões de avaliação consistiam em uma coleta da linha de base do EMG durante repouso e de três coletas durante a realização dos estiramentos. Cada uma destas coletas é composta por 10 estiramentos, divididas em diferentes grupos de velocidade classificadas como lentas, moderadas e rápidas [7].

**Método do LRET** - Para medir o LRET é necessário identificar os chamados limiares do reflexo de estiramento dinâmico (LRED's) que são observados quando é executado um estiramento passivo. O LRET é determinado pelos valores de ângulo e velocidade encontrados no instante no qual se inicia uma contração muscular. Portanto, a aplicação do método, além da instrumentação, requer: Uma técnica para detecção de *onset* do EMG, leitura do EGM em graus, sinal da velocidade angular, que pode ser obtido a partir do EGM. A Figura 2 apresenta uma amostra de um dos sinais coletados por Silva [7].

A partir da detecção dos LRED's pode-se traçar um gráfico com estes pontos e estimar o LRET através de uma regressão linear simples, sendo este determinado pelo valor de ângulo quando a velocidade é zero. O valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dá uma estimativa do grau de confiabilidade do valor do LRET

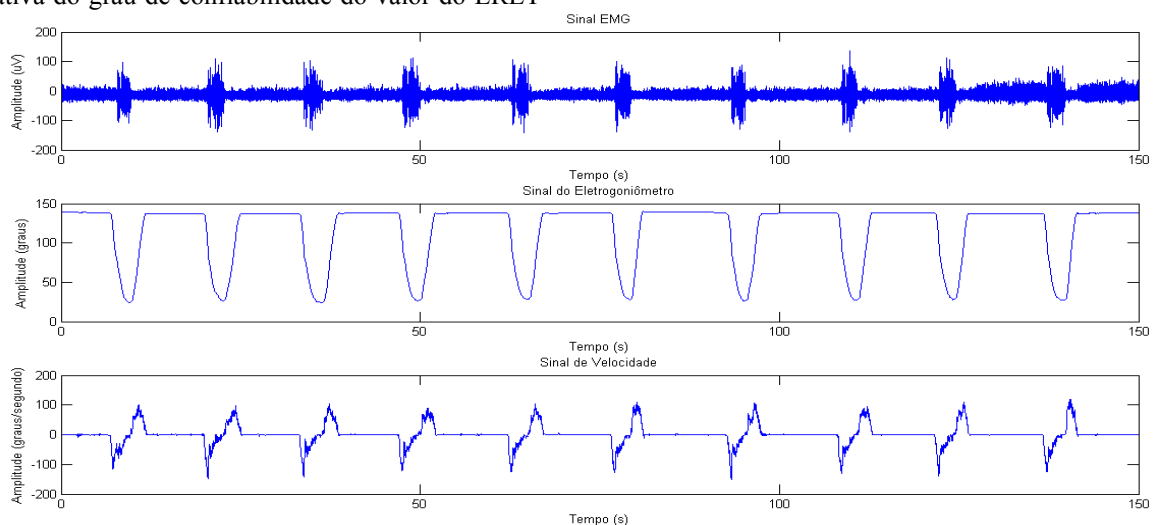


Figura 2: Amostra de uma sessão de avaliação de espasticidade utilizando o método do LRET.

já que é uma medida do quanto à reta obtida se ajusta aos dados. A Figura 3 apresenta o exemplo de um resultado obtido por Silva [7].

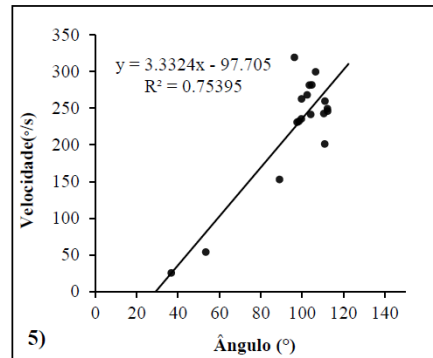


Figura 3: Exemplo de resultado obtido em uma sessão de avaliação com o método do LRET.

**Técnicas de detecção de *onset* do EMG** - A determinação dos LRED's depende da detecção do início de atividade muscular no sinal EMG. Existem na literatura diferentes métodos para esta detecção, apesar de não existir uma técnica considerada padrão universal. A seguir serão descritas brevemente as técnicas escolhidas para serem usadas nas análises futuras.

A estratégia mais comum baseia-se em determinar um limiar, normalmente, igual a duas vezes o valor do desvio padrão da linha de base. As diferenças encontradas estão nos métodos de pré-processamento do sinal EMG. O trabalho de Calota [5] aplica um filtro de *Wiener* antes da operação de detecção. Já o trabalho de Silva [7] aplica uma filtragem baseada no *Empirical Mode Decomposition* e utiliza a transformada de Hilbert também antes de aplicar a detecção [8, 9]. Desta forma, ambas as técnicas visam melhorar esta operação ao utilizarem técnicas mais robustas de processamento de sinais. Estas duas propostas foram escolhidas por já terem sido aplicadas ao método do LRET.

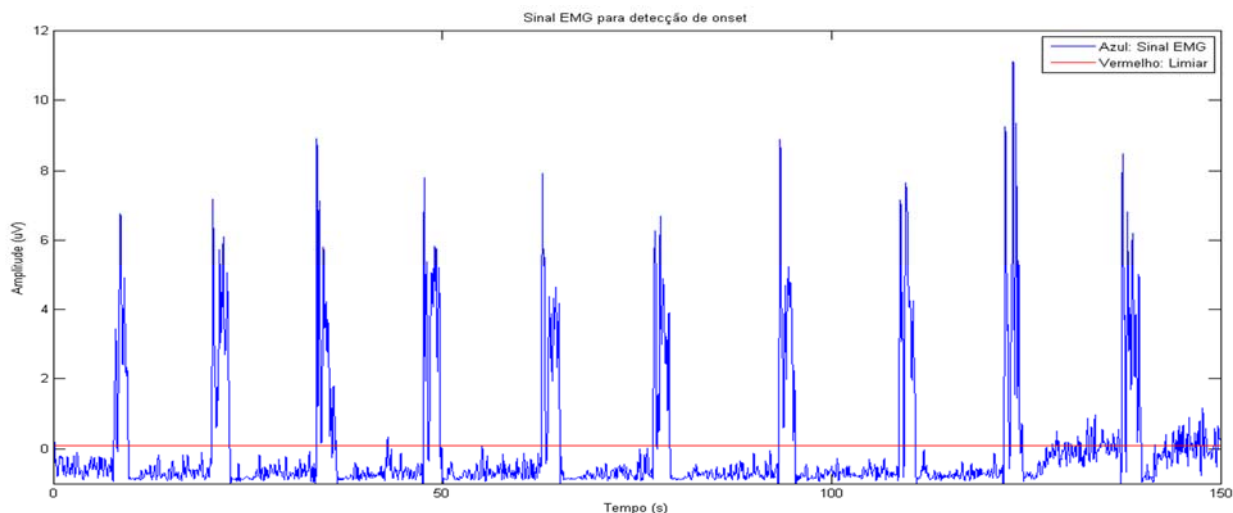


Figura 4: Aplicação de uma técnica para detecção de *onset* baseado na determinação de um limiar.

Outras estratégias tentam evitar a determinação de um limiar para detectar o *onset*. Linhares [10] utilizou uma técnica que trabalha com duas características que podem ser extraídas no domínio do tempo que são: *Mean Absolute Value* e *Sample Entropy*. Baseando-se na função de probabilidade de densidade, seu algoritmo decide se uma determinada janela corresponde a um estado de repouso ou a uma contração muscular. Já Allisson [11] apresentou uma técnica conhecida como *Integration protocol*, que se mostrou eficaz para determinar o *onset* da atividade muscular em sinais contaminados por sinais eletrocardiográficos. Estes eram identificados erroneamente quando utilizado um método de limiarização tradicional. Essas duas técnicas são alternativas viáveis por apresentarem propostas diferentes das já utilizadas para solucionar este problema na literatura.

**Técnicas de calibração do EGM** - O EGM tem as suas medidas em volts e estas devem ser convertidas para graus. Para efetuar esta conversão podem ser feitas diferentes técnicas de calibração. Para este trabalho serão utilizados três métodos distintos: Um que utiliza apenas dois pontos e regressão linear, outro que envolve o uso de dez pontos e regressão linear e um último com dez pontos usando regressão múltipla.

## Resultados esperados e discussão

Esta proposta de estudo espera encontrar diferenças significativas no valor do LRET e  $R^2$  de acordo com as diferentes técnicas utilizadas para detecção de *onset* e de calibração do EGM. Os autores acreditam que essas duas variáveis podem interferir significativamente em uma sessão de avaliação da espasticidade pelo LRET.

As diferentes formas de detecção do início da atividade muscular devem gerar pares de ângulo e velocidade diferentes que podem ou não ser mais fiéis fisiologicamente gerando valores de  $R^2$  e de LRET mais ou menos confiáveis. Um dos problemas percebidos na prática é que chegar a um valor bom de  $R^2$  (acima de 0,7) não é tão trivial quanto se espera e, por isso, este

trabalho foi idealizado para investigar as potenciais variações causadas por diferentes técnicas de *onset*.

Buscou-se na literatura técnicas que usam abordagens diferentes para garantir uma diversidade de métodos, permitindo assim uma discussão mais rica sobre as vantagens e desvantagens de cada técnica em relação ao problema específico da detecção do início da atividade muscular em pacientes espásticos, que representa a ativação do reflexo de estiramento

Deve-se notar que o sinal muscular destes pacientes apresenta uma atividade EMG basal que pode gerar a detecção de falsos positivos por algoritmos que se baseiam em cruzamento de limiar simples, já que o sinal entre contrações voluntárias oscila bastante podendo ter picos maiores que o limiar definido. A Figura 4 exemplifica este problema com o traçado de um limiar aplicado sobre a envoltória do sinal EMG observado na Figura 2. Além disso, esses métodos podem não ser adequados quando a relação sinal-ruído é baixa ou quando a linha base possui muitos artefatos.

Neste sentido, percebe-se que as técnicas que utilizam uma etapa de processamento mais robusta visam atenuar justamente estes problemas citados anteriormente para melhorar a detecção por limiar. Também por este motivo que as outras técnicas de detecção de *onset*, a serem usadas na análise, podem se mostrar úteis, já que não utilizam limiares para encontrar o início da atividade muscular. Os trabalhos de Hodges e Bui [12] e Staude *et al.* [13] apresentam uma coletânea de várias técnicas de detecção de *onset* e fazem boas considerações em relação às mesmas, sendo boas referências para buscar outras técnicas que podem ser acrescentadas ao trabalho e para conhecer os parâmetros que os autores investigaram.

A calibração do goniômetro também é um fator importante, pois a geração de valores imprecisos podem afetar a construção do sinal de velocidade e levar a valores de LRED ruins para o método de regressão usado para estimar o LRET, gerando um baixo valor de  $R^2$ . Os sinais que serão utilizados consideraram o EGM como um dispositivo perfeitamente linear ao calibrá-lo

com dois pontos apenas, sendo um mínimo e um máximo. Desta forma, espera-se que uma calibração com mais pontos torne a medição do mesmo mais precisa, sendo possível avaliar este efeito sobre a medida do LRET.

### Conclusão

Este trabalho apresentou a proposta de um estudo que irá avaliar variáveis diretamente ligadas à avaliação da espasticidade por meio da medida do LRET.

Foram apresentadas e brevemente descritas quatro diferentes técnicas de detecção de *onset* do EMG e três métodos para calibração do EGM. Espera-se que este trabalho possa gerar análises interessantes a respeito da influência das mesmas sobre o método do LRET, ajudando a consolidar a sua metodologia para a prática clínica.

### Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer às agências de fomento CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro assim como os programas de pós-graduação PPGEL e PPGE da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio incondicional aos autores.

### Referências

- [1] Lance JW. Spasticity: Disorder of Motor Control. Chicago: Year Book Medical Publishers; 1980. p. 485-94.
- [2] Mukherjee A., Chakravarty A., Spasticity mechanisms – for the clinician. *Frontiers in Neurology*. 2010.
- [3] Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther*. 1987;67(2):206-7.
- [4] Feldman AG. Once more on the equilibrium-point hypothesis ( $\lambda$  model) for motor control. *J Motor Beh*. 1986;18:17-54.
- [5] Calota A, Feldman AG, Levin MF. Spasticity measurement based on tonic stretch reflex threshold in stroke using a portable device. *Clinical Neurophysiology*. 2008;119:2329-37.
- [6] Calota A, Levin MF. Tonic stretch reflex threshold as a measure of spasticity: implications for clinical practice. *Top Stroke Rehabil*. 2009;16(3):177-88.
- [7] Silva MB. Método para avaliação quantitativa da espasticidade baseado no limiar do reflexo de estiramento tônico [dissertação]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2013.
- [8] Andrade AO, Nasuto S., Kyberd P, Sweeney-Reed CM, Van Kanjin FR. EMG signal filtering based on empirical mode decomposition. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2006, 44-55.
- [9] Andrade AO., Kyberd P., Nasuto SJ. The application of the Hilbert spectrum to the analysis of electromyographic signals. *Information Sciences*. 2008, 2176-93.
- [10] Linhares ND, Andrade AO. Parametric sEMG muscle activity detection based on MAV and sample entropy. In: *Proceedings of the 5th IEEE Conference on Biosignals and Biorobotics*; 2014 May 26-28; Salvador, Brazil.
- [11] Allison GT. Trunk muscle onset detection technique for EMG signals with ECG artefact. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2003, 209-16.
- [12] Hodges PW, Bui BH. A comparison of computer-based methods for determination of onset of muscle contraction using electromyography. *Electromyography and Motor Control*. 1996, 511-19.
- [13] Staude G., Flacheneker C., Daumer M., Wolf W. Onset detection in surface electromyographic signals: a systematic comparison of methods. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*. 2001, 67-81.