

## COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA MEDIANA DO SINAL EMG EM PACIENTES PÓS LESÃO NERVOSA PERIFÉRICA

L. M. D. Luiz\*, A. M. Freitas\*, M. B. Silva\*, D. C. S. Pelet\*\*, L. F. R. M. Fernandes\*\*, A. B. Soares\*

\*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

\*\*Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Brasil

e-mail: luizamaire@hotmail.com

**Resumo:** As Lesões Nervosas Periféricas acometem as capacidades funcionais, sensitivas e motoras dos pacientes, podendo modificar as características eletromiográficas dos músculos acometidos. O objetivo do estudo foi analisar o comportamento da Frequência mediana (Fmed) do sinal EMG na detecção da fadiga fisiológica e na classificação da predominância dos tipos de fibras musculares. Participaram da pesquisa cinco voluntários com lesão unilateral do nervo radial e cinco voluntários no grupo controle. Os resultados mostraram que, para a análise da fadiga, ocorreu decréscimo semelhante dos valores da Fmed na comparação entre os grupos. Já, para a análise dos valores médios de Fmed, existe uma diferença relevante entre os grupos experimentais e tais resultados indicam que pode ter ocorrido uma diferenciação na predominância do tipo de fibras musculares.

**Palavras-chave:** Lesão nervosa periférica, nervo radial, eletromiografia, frequência mediana.

**Abstract:** The Peripheral Nerve Injuries affect the functional, sensory and motor skills of patients. They may modify the electromyographic characteristics of the affected muscles. The aim of the study was analyze the behavior of the median frequency (Fmed) of the EMG signal in the detection of physiological fatigue and classification of the predominant types of muscle fibers. Five volunteers participated in the study with unilateral radial nerve injury and five volunteers in the control group. The results showed for the analysis of fatigue, there was a similar decrease in the values of Fmed by comparison between groups. And for the analysis of the mean values Fmed, there is a significant difference between the groups. These results indicated that difference could have occurred in the prevalence of differentiation type of muscle fibers.

**Keywords:** Peripheral nerve injury, radial nerve, electromyography, median frequency.

### Introdução

As Lesões Nervosas Periféricas (LNP) acometem as capacidades funcionais do paciente, prejudicando as aptidões motoras e de sensibilidade fina, além de

provocar dor, desconforto pela hiperestesia e intolerância ao frio [1, 2].

As LNP podem ser causadas por fraturas, trações, choques elétricos e lacerações por objetos cortantes e pontiagudos [3]. A sua maior incidência ocorre em jovens do sexo masculino e são mais comuns nos membros superiores, prejudicando principalmente as funções da mão [4]. Em geral, quanto mais estruturas anatômicas do nervo são acometidas, mais grave é o prognóstico [2].

A regeneração pós-traumática é complexa e depende de múltiplos fatores associados ao sistema nervoso central e periférico, tais como: a sobrevivência das células nervosas, a taxa de crescimento do nervo, a idade do paciente, o nível e o tipo da lesão [5]. Contudo, estima-se que a recuperação continua até cinco anos após a LNP, podendo permanecer sequelas [2].

A Eletromiografia (EMG) é um dos métodos quantitativos usados para avaliar a evolução da reinervação muscular [6]. A Frequência mediana (Fmed) do sinal EMG é definida como a frequência, a qual divide o espectro de potência do sinal em duas regiões de igual potência e pode ser utilizada para a detecção de fadiga muscular fisiológica [7, 8] e para classificar os tipos de fibras musculares predominantes [9, 10].

Existe uma tendência à mudanças de hábito nos pacientes que sofreram lesões nos membros superiores (MMSS), devido a pouca funcionalidade do membro lesionado [2] e mudanças na ativação dos músculos o que pode resultar em variações nas características do sinal EMG [9]. Outro fator de grande importância para avaliação dos MMSS, é a dominância da utilização da mão, que também pode interferir na atividade muscular [11, 12].

Assim, a proposta do estudo é analisar o comportamento dos valores da Fmed do sinal EMG em pacientes pós Lesão Nervosa Periférica.

### Materiais e métodos

As coletas foram realizadas no Laboratório de Biomecânica e Controle Motor do Departamento de Fisioterapia Aplicada da Universidade Federal do Triângulo

Mineiro (LABCOM/UFTM). O projeto foi aprovado pelo Comitê de ética da UFTM, sob o protocolo número 2713.

**Sujeitos** - Participaram deste estudo 10 voluntários de ambos os gêneros, sendo cinco voluntários sem lesões, com faixa etária de  $26,6 \pm 1,95$  anos e cinco voluntários em recuperação pós LNP, com faixa etária de  $42,6 \pm 15,27$  anos.

Os grupos foram divididos em: Grupo Sem Lesão (SL) e Grupo Com Lesão (CL). O grupo SL, foi subdividido de acordo com o lado de dominância: membro dominante (SL\_D) e membro não dominante (SL\_ND). E o grupo CL, subdividido de acordo com o lado da lesão: membro da lesão (CL\_L) e membro não lesado (CL\_NL).

Critérios de inclusão adotados para o grupo CL foram: lesão unilateral do nervo radial, tempo de lesão maior que dois anos e grau de força no mínimo M4 [13].

Na avaliação clínica, os voluntários do grupo CL, mesmo após dois anos de lesão, ainda não apresentavam recuperação total do membro, por isso comparou-se o membro com lesão e o membro contralateral à lesão, considerando que independentemente da dominância do voluntário, o membro da lesão seria mais fraco e menos utilizado.

**Instrumentação** - Para quantificar a atividade muscular, foi utilizado o eletromiógrafo Myosystem® da marca Datahomini Tecnologia, com as seguintes características: razão de rejeição de modo comum de 92dB, filtro analógico passa-alta de 15Hz e passa-baixa programável em 4kHz, conversor analógico de 16 bits e eletrodos de superfície ativos bipolares, com 10 mm de distância entre as barras de captação e ganho de 20 vezes. Os sinais foram amostrados a 8 kHz.

**Protocolo Experimental** - Os eletrodos foram posicionados sobre os músculos Extensor Radial Longo do Carpo (ERLC) e Extensor Ulnar do Carpo (EUC), após a devida abrasão e limpeza do local. Inicialmente os voluntários se mantiveram sentados em frente a(?) uma mesa, com o apoio bilateral do antebraço e realizaram a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de extensão de punho, tracionando uma célula de carga com uma haste metálica em forma de T, para a adaptação à preensão da mão, fixa a uma superfície rígida, como ilustrado na Figura 1.



Figura 1 - Voluntária realizando CIVM de extensão de punho.

A fim de avaliar a atividade máxima dos músculos ERLC e EUC, a tarefa de extensão neutra do punho foi realizada durante 55 segundos e consistiu de 3

momentos de 5 segundos de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) intercaladas por 10 segundos de relaxamento. A atividade foi realizada por ambos os membros superiores. Toda a tarefa experimental foi guiada por um áudio indicando os momentos de contração e o repouso.

**Análise dos dados** - Os sinais EMG foram processados *offline* por meio de um script Matlab®. As janelas de processamento consistiram de 4 segundos de dados, excluindo-se o primeiro e o último 0,5 segundo da CIVM com a finalidade de descartar o tempo de reação do voluntário. Filtros passa-faixa *Butterworth* de quarta ordem, com frequência de corte inferior de 20 Hz e superior de 500 Hz, foram utilizados para eliminar componentes de frequência fora daquela faixa, uma vez que os sinais foram digitalizados a frequências muito superiores visando outros estudos. A partir do sinal filtrado, foi calculado o espectro de potência e a Fmed.

As médias da Fmed foram comparadas da seguinte forma: Grupo SL de acordo com a dominância (SL\_D *versus* SL\_ND) e para o Grupo CL de acordo com o lado da lesão (CL\_L *versus* CL\_NL). Foi calculada a média da Fmed para cada repetição de CIVM (R1, R2 e R3), permitindo assim a análise do comportamento da Fmed de cada grupo na progressão do tempo.

**Análise Estatística** - Para análise estatística dos dados, foi aplicado o teste de normalidade Shapiro-wilk. Para as amostras que apresentaram uma distribuição normal, empregou-se o teste t para amostras independentes e para as amostras que não apresentaram distribuição normal, foi aplicado o teste Wilcoxon para amostras independentes com a finalidade de avaliar a diferença entre as médias dos grupos, considerando o valor de  $p = 0,05$ .

## Resultados

Na avaliação *intra* grupos, o músculo ERLC apresentou diferença estatisticamente significativa no grupo SL, quando comparado o lado de dominância (SL\_D *versus* SL\_ND) e no grupo CL, quando comparado o lado lesionado (CL\_L *versus* CL\_NL). Já o músculo EUC, não apresentou diferença estatisticamente significativa em nenhuma das comparações.

As Figuras 2 e 3 representam os valores da médias da Fmed nas repetições R1, R2 e R3 do músculo ERLC, para os Grupo SL e CL, respectivamente.

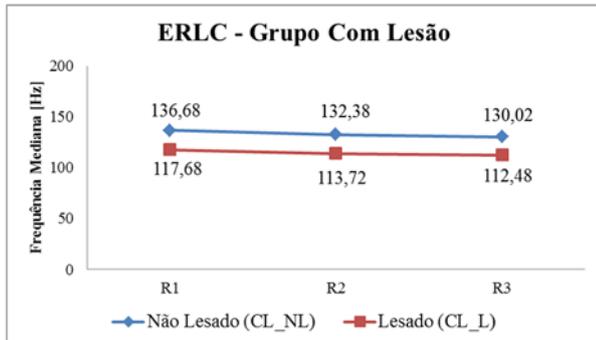


Figura 2: Valores da Fmed, nas três repetições do músculo ERLC do Grupo SL na comparação da dominância.

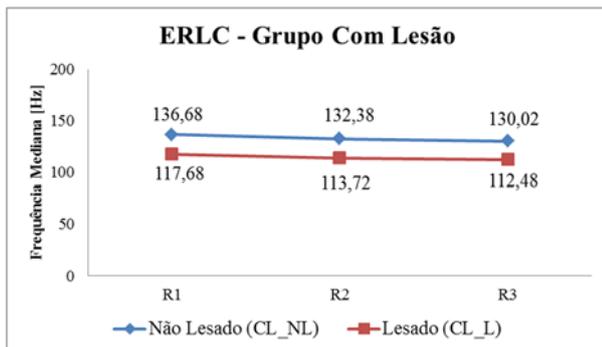


Figura 3: Valores da Fmed nas três repetições do músculo ERLC do Grupo CL comparando o lado da lesão.

Nas Figuras 4 e 5 são representados os valores da Fmed das repetições R1, R2 e R3 do músculo EUC, nos Grupos SL e CL, respectivamente.

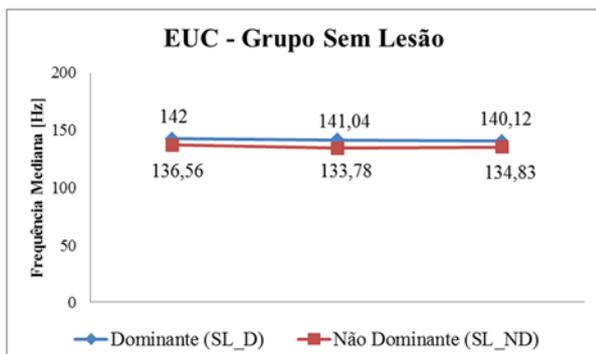


Figura 4: Valores da Fmed, nas três repetições do m. EUC do Grupo Sem Lesão na comparação da dominância.

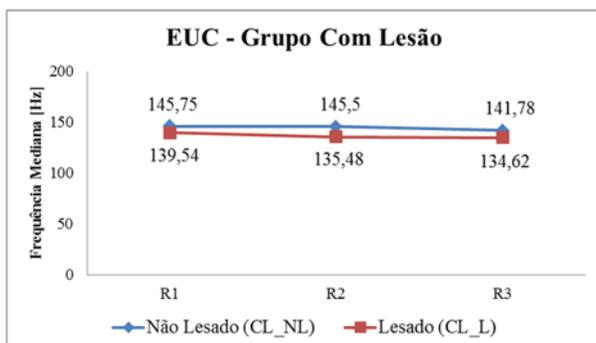


Figura 5: Valores da Fmed, nas três repetições do m. EUC do Grupo Com Lesão na comparação do lado lesionado.

A Tabela 1 representa os valores de média da Fmed, para os grupos CL e SL, em que se observam valores de Fmed mais altos no grupo CL, para membros avaliados.

Tabela 1: Média da Fmed nos músculos ERLC e EUC.

Grupo	Média Fmed ERLC	Média Fmed EUC
	[Hz]	[Hz]
SL_D	119,14	141,05
SL_ND	103,90	135,05
p-valor	0,013	0,468
CL_NL	133,03	144,35
CL_L	114,63	136,55
p-valor	0,044	0,384

SL\_D = Grupo sem lesão do lado dominante; SL\_ND = Grupo sem lesão do lado não dominante; CL\_NL = Grupo com lesão do lado não lesionado; CL\_L = Grupo com lesão do lado lesionado.

## Discussão

As Lesões Nervosas Periféricas (LNP) acometem as capacidades funcionais do paciente, que mesmo após um longo período de recuperação podem(?) permanecer com disfunções motoras e sentivas [2]. Assim, a pouca funcionalidade do membro acometido resulta em uma diferenciação do recrutamento muscular entre o membro lesionado e o membro contralateral à lesão, o que pode causar alterações no sinal EMG [9], quando comparados com sujeitos normais.

A Fmed do sinal EMG é usualmente utilizada para detectar a fadiga fisiológica [7, 8], em que o decréscimo desses valores ao longo do tempo indica que os músculos estão passando por este processo, como verificado nas Figuras 2, 3, 4 e 5. Observa-se redução na Fmed nas várias situações, apesar dos voluntários não executarem uma tarefa que os levasse a uma exaustão muscular. O decréscimo dos valores da Fmed dos músculos ERLC e EUC ocorreram de forma semelhante para os grupos SL e CL.

Além disso, diversos estudos utilizam medidas da Fmed para a classificação dos tipos de fibras musculares predominantes, em que altos valores são geralmente associados com a prevalência de fibras do tipo II, que são fibras rápidas com maior força de contração, enquanto menores valores de Fmed são relacionados com uma maior proporção de fibras do tipo I que são fibras lentas e mais resistentes a fadiga [10, 14].

Os músculos do antebraço tem maior predomínio de fibras do tipo I, mas fatores genéticos, demanda funcional e a variações individuais podem alterar o recrutamento muscular[15]. Os valores apresentados na Tabela 1 indicam que para o grupo SL os valores de Frequência Mediana dos músculos do antebraço (ERLC e EUC) são menores, quando comparados com o grupo CL.

Observando os valores de Fmed para o músculo ERLC, a diferença é relevante e nas comparações do lado dominante (SL\_D 119,14Hz) com o lado não lesionado (CL\_NL 133,03Hz) e na comparação do lado lesionado (CL\_L 114,63Hz) com o lado não dominante (SL\_ND 103,90Hz). Os voluntários em recuperação pós

LNP apresentaram maiores valores médios de Fmed. Tais resultados indicam, que pode ter ocorrido uma diferenciação na predominância do tipo de fibras musculares do músculo ERLC para pacientes com Lesão Nervosa Periférica do nervo radial.

Em contraponto, existem várias dificuldades na classificação e distinção dos tipos de fibras musculares, uma vez que vários elementos fisiológicos podem mascarar tal distinção, como por exemplo as propriedades anatômicas musculares, a velocidade de condução dos potenciais de ação nervosos e musculares [16], a força exercida [9], além de fatores intrínsecos que não podem ser controlados na detecção do sinal EMG de superfície [17]. No entanto, os resultados do presente estudo mostram uma diferença no comportamento da Fmed na comparação dos indivíduos pós LNP.

### Conclusão

A avaliação da frequência mediana mostra um decréscimo nos valores de Fmed nas repetições ao longo do tempo para ambos os grupos avaliados, indicando certo processo de fadiga ao longo dos experimentos.

A avaliação dos valores médios da frequência mediana mostra que voluntários com lesão nervosa periférica apresentaram um comportamento diferente dos demais voluntários normais, indicando possível diferenciação dos tipos de fibras predominantes na musculatura avaliada ou nos processos de recrutamento motor intrínseco. Novos estudos estão sendo executados pelos autores para elucidar tais questões.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPEMIG pelo apoio financeiro para esta pesquisa.

### Referências

- Rosén, B. and G. Lundborg, The long term recovery curve in adults after median or ulnar nerve repair: A reference interval. *Journal of Hand Surgery (British and European Volume)*, 2001. 26(3): p. 196-200.
- Lundborg, G. and B. Rosén, Hand function after nerve repair. *Acta physiologica*, 2007. 189(2): p. 207-217.
- Martínez de Albornoz, P., et al., Non-surgical therapies for peripheral nerve injury. *British Medical Bulletin*, 2011. 100(1): p. 73-100.
- Siqueira, R., *Peripheral Nerve Injury: A Review*. *Revista de Neurociência*, 2007. 15(3).
- Rosén, B., A. Björkman, and G. Lundborg, Improved sensory relearning after nerve repair induced by selective temporary anaesthesia—a new concept in hand rehabilitation. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 2006. 31(2): p. 126-132.
- Viddeleer, A.R., et al., Sequential MR Imaging of Denervated and Reinnervated Skeletal Muscle as Correlated to Functional Outcome. *Radiology*, 2012. 264(2): p. 522-530.
- da Silva, C.R., et al., Análise da reprodutibilidade de parâmetros no domínio da frequência do sinal EMG utilizados na caracterização da fadiga muscular localizada.
- Bandeira, C., K. Berni, and D. Rodrigues-Bigaton, Análise eletromiográfica e força do grupo muscular extensor do punho durante isquemia induzida. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 2009. 13(1): p. 31-37.
- Pizzato, L.M., et al., Análise da frequência mediana do sinal eletromiográfico de indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior em exercícios isométricos de cadeia cinética aberta e fechada. *Rev Bras Med Esporte*, 2007. 13: p. 1-5.
- Kupa, E., et al., Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. *Journal of Applied Physiology*, 1995. 79(1): p. 23-32.
- Michaelsen, S.M., et al., Avaliação da capacidade funcional dos membros superiores por meio do TEMPA: Valores de referência, efeito da idade, gênero, dominância e relação com a destreza. *Motricidade*, 2011. 7(2): p. 47-55.
- Incel, N.A., et al., Grip strength: effect of hand dominance. *Singapore medical journal*, 2002. 43(5): p. 234-237.
- Kendall, F.P., et al., *Músculos, provas e funções; com Postura e dor*. 1995: Editora Manole.
- Fioramonte, I.S.K., *Estudo do Sinal Eletromiográfico em Exercícios Isométricos em Diferentes Velocidades de Contração* Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – Unesp, 2011.
- FUGL-MEYER, A.R., et al., Is muscle structure influenced by genetical or functional factors? A study of three forearm muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1982. 114(2): p. 277-281.
- Farina, D., Counterpoint: spectral properties of the surface EMG do not provide information about motor unit recruitment and muscle fiber type. *Journal of Applied Physiology*, 2008. 105(5): p. 1673-1674.
- De Luca, C.J., The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*, 1997. 13: p. 135-163.