

Eletromiografia e a identificação da fadiga muscular

Mauro GONÇALVES

Departamento de Educação Física, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, Brasil

Introdução

Dentro do tema biomecânica do esporte, a eletromiografia (EMG), como instrumento de medida do movimento humano, tem sido correlacionada com a força, o torque e as variáveis metabólicas assim como aplicada nas análises de velocidade de pedalada, da capacidade de resistência muscular, na verificação da especificidade e eficiência de métodos de treinamento e reabilitação, na quantificação da taxa de disparo de unidades motoras e na identificação da fadiga muscular a qual será a tônica do presente texto.

A fadiga muscular é considerada como uma falha para manter um nível desejado de rendimento ou trabalho durante uma atividade repetitiva ou sustentada (MANNION & DOLAN, 1996) estando dentre os diversos fatores associados, o acúmulo de íons hidrogênio e de metabólitos (NAKAMARU & SCHWARTZ, 1972) como também o desvio nas concentrações de sódio e potássio (JONES et al., 1979). De acordo com JØRGENSEN et al. (1988) a fadiga é um processo dinâmico e tempo-dependente desenvolvido no sistema neuromuscular. Sendo assim a biomecânica procura quantificar o comportamento das várias unidades motoras ativas simultaneamente para uma determinada carga de trabalho sobre um específico período de tempo. Esta soma de atividades, organizadas randomicamente, ocorrem em função dos disparos de várias unidades motoras que são adquiridos

Revisão da literatura e discussão

Quando um músculo exhibe fadiga localizada após contrações repetidas trabalhos clássicos há muito apontava a existência de uma elevação na amplitude do eletrograma (EMG) (MASUDA et al., 1989; MIYASHITA, KANEHISA & NEMOTO, 1981) devido as unidades motoras disparem em velocidades crescentes para compensar a queda da força de contração das fibras fadigadas na tentativa em manter o nível de tensão ativa, sendo evidentes em contrações submáximas. (BIGLAND-RITCHIE & LIPPOLD, 1954; DEVRIES, 1968).

Como os músculos apresentam tipos de fibras diferentes, estas podem também apresentar uma característica particular no diagnóstico da fadiga eletromiográfica, sendo que os músculos compostos de fibras primariamente do tipo I (contração lenta) apresentam um período mais prolongado para demonstrar a fadiga através da eletromiografia. Em contrações isométricas pode haver um consenso em existir um aumento da resposta eletromiográfica à medida que aumenta a tensão muscular (POTVIN & NORMAN, 1993) enquanto em contrações isotônicas esse aumento é verificado na contração concêntrica.

pelo deslocamento do potencial de ação através do tecido muscular, fâscias, gordura subcutânea e pele.

Por meio da análise dos parâmetros eletromiográficos, a identificação da fadiga muscular tem sido relatada em protocolos que utilizam contrações isométricas (KAY et al., 2000; SILVA et al., 2005) e contrações dinâmicas (OLIVEIRA et al., 2005) nos quais se evidencia este fenômeno pela diminuição da frequência mediana e aumento da amplitude do sinal eletromiográfico (MASUDA et al., 1989; OLIVEIRA et al., 2005). A quantidade de investimentos científicos na busca de uma validação de metodologias biomecânicas, como o uso do sinal EMG, em contrações dinâmicas para medição da fadiga muscular ainda são escassos e também controversos, o que torna ainda mais desafiador esse tipo de pesquisa, uma vez que a maioria das atividades no esporte ocorre dinamicamente.

Disposto a enfrentar este desafio de contribuir metodologicamente para identificação da fadiga muscular por meio EMG, o Laboratório de biomecânica da UNESP campus de Rio Claro, tem investido esforços nesta linha de pesquisa (BARBOSA & GONÇALVES, 2005; CARDOZO & GONÇALVES, 2004; CARDOZO et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2005; SILVA & GONÇALVES, 2003, 2006; SILVA et al., 2005), buscando assim, indicadores que atuem como coadjuvantes no exame da capacidade de resistência física.

Para BASMAJIAN e DE LUCA (1985) o sinal eletromiográfico é um índice para verificação da economia de desempenho e a fadiga é um fator importante na caracterização deste padrão de movimento e sua eficiência. No estado fadigado, diferenças na atividade EMG têm sido correlacionadas com a intensidade da carga imposta no movimento, permitindo assim determinar o limiar de fadiga eletromiográfico (EMG_{LF}). O EMG_{LF} corresponde a mais alta intensidade que o indivíduo consegue sustentar e não entrar em processo de fadiga neuromuscular. Teoricamente, nesta intensidade a atividade eletromiográfica não se altera com o passar do tempo (MATSUMOTO, ITO & MORITANI, 1991; MORITANI, TAKASHI & MATSUMOTO, 1993).

TAYLOR e BRONKS (1994) analisaram as mudanças na atividade EMG dos músculos vasto lateral, bíceps femoral e gastrocnêmio durante a corrida em esteira rolante, e as mudanças na EMG foram relacionadas aos limiares de lactato e ventilatório. O ponto de quebra da linearidade da amplitude do sinal EMG ocorreu após o ponto de quebra do lactato sanguíneo, demonstrando

que a ocorrência do limiar de lactato não pode ser atribuída somente a mudança no recrutamento das unidades motoras, enquanto o limiar ventilatório ocorreu em intensidade próxima à da obtida pela EMG. Este comportamento da atividade EMG em função do tempo de

execução da atividade tem apresentado respostas não lineares (TESCH et al., 1983) e lineares (KRUK et al., 2000), entretanto, em alguns estudos, os limiares aeróbio (TESCH et al., 1983) e anaeróbio (NAGATA et al., 1981) foram determinados pela EMG.

Conclusão

Pela resumida apresentação desta ampla e complexa temática, verifica-se a possibilidade da identificação não invasiva da fadiga muscular pela eletromiografia, sendo assim uma alternativa de avaliação deste fenômeno por diversas técnicas de processamento

deste sinal. Contudo, deve-se dar atenção a fatores que podem interferir no processo de fadiga e conseqüentemente na avaliação EMG como: os níveis de força de contração, o tempo de contração, o tipo de eletrodo e em particular do músculo a ser investigado.

Referências

- BARBOSA, F.S.S.; GONÇALVES, M. Protocolo para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da dinamometria e da eletromiografia. **Fisioterapia em Movimento**, v.18, n.4, p.77-87, 2005.
- BASMAJIAN, J.V.; DE LUCA, C.J. **Muscle alive: their functions revealed by electromyography**. Baltimore: Willians & Wilkins, 1985.
- BIGLAND-RITCHIE, B.; LIPPOLD, O.C.J. The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles. **Journal of Physiology**, v.123, p.214-24. 1954.
- CARDOZO, A.C.; GONÇALVES, M. Electromyographic fatigue threshold of erector spinae muscle induced by a muscular endurance test in health men. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v.43, n.6, p.377-380, 2003.
- CARDOZO, A.C.; GONÇALVES, M.; GAUGLITZ, A.C.F. Spectral analysis of the electromyography of the erector spinae muscle before and after a dynamic manual load-lifting test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.37, p.1081-5, 2004.
- DeVRIES, H.A. Method for evaluation of muscle fatigue and endurance from electromyographic fatigue curves. **American Journal of Physical Medicine**, v.47, n.3, p.125-35, 1968.
- GONÇALVES, M. Limiar de fadiga eletromiográfica. In: DENADAI, B.S. **Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo**. Rio Claro: Motrix, 2000. cap.7, p.129-54.
- JONES, D.A.; BIGLAND-RITCHIE, B.; EDWARDS, R.H.T. Excitation frequency and muscle fatigue: mechanical responses during voluntary and stimulated contractions. **Exp. Neurol.**, v.64, p.401-13, 1979.
- JØRGENSEN, K.; FALLENTIN, N.; KROGH-LUND, C.; JENSEN, B. Electromyography and fatigue during prolonged, low-level static contractions. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, v.57, n.3, p.316-21, 1988.
- KAY, D.; St CLAIR GIBSON, A.; MITCHELL, M.J.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D. Different neuromuscular recruitment patterns during eccentric, concentric and isometric contractions. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, v.10, n.6, p.425-31, 2000.
- KRUK, B.; PEKKARINEN, H.; TITOV, E-K.; HÄNNINEN, O. Effect of caffeine ingestion on lactate and emg thresholds in men during graded exercise at room temperature and cold environment. **Biology of Sport**, v.17, n.1, p.3-11, 2000.
- MANNION, A.F.; DOLAN, P. Relationship between myoelectric and mechanical manifestations of fatigue in the quadriceps femoris muscle group. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, v.74, n.5, p.411-9, 1996.
- MASUDA, K.; MASUDA, T.; SADOYAMA, T.; INAKI, M.; KATSUTA, S. Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, v.9, n.1, p.39-46, 1999.
- MATSUMOTO, T.; ITO, K.; MORITANI, T. The relationship between anaerobic threshold and electromyographic fatigue threshold in collegue women. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.63, p.1-5, 1991.
- MIYASHITA, M.; KANEHISA, H.; NEMOTO, I. EMG related to anaerobic threshold, **J. Sports Med.**, v.21, n.3, p.209-15, 1981.
- MORITANI, T.; TAKASHI, T.; MATSUMOTO, T. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. **J. Appl. Physiol.**, v.74, n.4, p.1729-34, 1993.
- NAGATA, A.; MURO, M.; MORITANI, T.; YOSHIDA, T. Anaerobic threshold determination by blood lactate and myoelectric signals. **Japanese Journal Of Physiology**, v.31, n.4, p.585-597, 1981.
- NAKAMARU, Y.; SCHWARTZ, A. The influence of hydrogen concentration on calcium binding and release by skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. **Journal Genetic Physiology**, v.59, p.22-32, 1972.
- OLIVEIRA, A.S.C.; GONÇALVES, M.; CARDOZO, A.C.; BARBOSA, F.S.S. Electromyographic fatigue threshold of the biceps brachii muscle during dynamic contraction. **Electromyogr. Clin. Neurophysiol.**, v.45, p.167-75, 2005.
- POTVIN, J.R.; NORMAN, R.W. Quantification of erector spinae muscle fatigue during prolonged dynamic lifting tasks. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.67, p.554-62, 1993.

SILVA, S.R.D.; GONÇALVES, M. Análise da fadiga muscular pela amplitude do sinal eletromiográfico. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.11, n.3, p.15-20, 2003.

_____. Dynamic and isometric protocols of knee extension: effect of fatigue on the EMG signal. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v.46, p.35-42, 2006.

SILVA, S.R.D.; GONÇALVES, M.; AMADIO, A.C.; SERRÃO, J.C. Electromyographic interpretation of vastus medialis and vastus lateralis muscles fatigue in isometric contraction tests. **Revista Brasileira de Biomecânica**, n.10, p.35-40, 2005.

TAYLOR, A.D.; BRONKS, R. Correlações eletromiográficas da transição do metabolismo aeróbio para o anaeróbio na corrida em esteira. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.69, p.508-15, 1994.

TESCH, P.A.; KOMI, P.V.; JACOBS, I.; KARLSSON, J.; VIITASALO, J.T. Influence of lactate accumulation of EMG frequency-spectrum during repeated concentric contractions. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.119, n.1, p.61-7, 1983.