

ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE PROTOCOLOS UTILIZADOS ATRAVÉS DA ELETROMIOGRAFIA PARA IDENTIFICAÇÃO DA FADIGA MUSCULAR

Wagner Menna Pereira¹; Luciano Pavan Rossi²; Luiz Alfredo Braun Ferreira³; Fabrício Furtado Vieira⁴

¹Acadêmico da Universidade Estadual do Centro-Oeste/DEFISIO, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Guarapuava-PR. wadnei@hotmail.com

²Docente da Faculdade Guairacá – FAG, Rua XV de Novembro, 5050, Guarapuava-PR. lucianoprfsio@yahoo.com.br

³ Acadêmico da Universidade Estadual do Centro-Oeste/DEFISIO, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Guarapuava-PR. luiz_braun@hotmail.com

⁴Acadêmico da Universidade Estadual do Centro-Oeste/DEFISIO, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Guarapuava-PR. fabriciofurvi@yahoo.com.br

Resumo – A eletromiografia possibilita o registro da atividade muscular durante o movimento, por meio da captação da atividade global das unidades motoras durante determinada contração muscular. Dentre as aplicações e relevâncias do estudo eletromiográfico encontra-se a possibilidade de identificação da fadiga muscular. Pode-se definir a fadiga muscular como a redução na capacidade máxima de gerar força e potência muscular. No presente estudo realizou-se um levantamento literário para analisar e coletar informações sobre os principais protocolos utilizados na identificação da fadiga muscular através da eletromiografia, assim como, realizar a comparação de cada uma das propostas levantadas na literatura.

Palavras-chave: Eletromiografia, fadiga, comparação de protocolos, contração muscular.

Área do Conhecimento: Reabilitação.

Introdução

A eletromiografia utilizada para detectar a fadiga muscular localizada é mais um recurso disponível para compreender as funções e disfunções do sistema muscular durante o movimento humano. Este recurso tem possibilitado e despertado interesse de pesquisas em diversas áreas da reabilitação ((KUMAR, 2006; OCARINO, et al., 2005).

Dentre as aplicações específicas da eletromiografia destaca-se a avaliação da atividade muscular durante atividades funcionais, análise da quantificação da taxa de disparo de unidades motoras e a identificação da fadiga muscular (GONÇALVES, 2006; OCARINO, et al., 2005; FERREIRA, et al., 2004).

A fadiga muscular tem se revelado como um dos tópicos centrais na investigação em fisiologia do exercício, e recentemente tem crescido o interesse pelo seu estudo, principalmente por saber que ela pode influenciar a propriocepção, o controle motor e ser um dos fatores de risco para ocorrência de lesões por sobrecarga (ASCENSÃO et al. 2003).

Esse processo pode ser definido como a redução na capacidade máxima de gerar força e potência muscular (DA SILVA; GONÇALVES, 2003). Para Gonçalves (2006) a fadiga muscular é considerada como uma falha para manter um nível desejado de rendimento ou trabalho durante uma

atividade repetitiva ou sustentada.

A fadiga muscular possui sua etiologia multifatorial e sua origem e extensão depende da especificidade do exercício, do tipo de fibra muscular e do nível de aptidão física (SANTOS, 2003).

Estudos com atletas durante o exercício submáximo prolongado, mostraram que a fadiga muscular aumenta em proporção quase direta à taxa de depleção do glicogênio muscular. Esse processo está associada com a falta de oxigênio e com nível aumentado de lactato sanguíneo e muscular, e ainda aumento paralelo na concentração hidrogeniônica no músculo exercitado (GUYTON; HALL, 2002).

Para Basmajian e De Luca (1985) o sinal eletromiográfico é um índice para a verificação da economia de desempenho e a fadiga é um fator importante na caracterização deste padrão de movimento e sua eficiência.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi buscar na literatura estudos que utilizaram diferentes protocolos com o intuito de identificar a fadiga muscular através da análise eletromiográfica.

Metodologia

Para a realização deste estudo foi realizada uma revisão da literatura em bases de dados eletrônicas, sites de busca relacionados à área da

saúde, livros, artigos nacionais e internacionais, e anais de congressos. As bases de dados utilizadas foram: Lilacs, Medline, Consult e Scielo, compreendendo o período de 1982 a 2006, os quais foram pesquisados na biblioteca da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO e na internet.

Resultados

Uma das formas de induzirmos a fadiga é através da contração muscular isométrica, que ocorre quando um músculo se contrai sem mudança apreciável no seu comprimento ou sem movimento articular visível. Embora não seja realizado o movimento angular, uma grande quantidade de tensão e rendimento de força é produzida pelo músculo (DA SILVA; GONÇALVES, 2003).

Grande parte dos estudos realizou o teste de exaustão, no qual realiza-se um teste inicial de carga máxima associado com a contração isométrica máxima voluntária (CIMV), variando de 3 a 5 repetições, durante um período de tempo pré-estipulado de 3 a 6 segundos, com intervalo de tempo, variando de 3 minutos a 24 horas, entre as contrações. Obtém-se o valor médio das CIMV realizadas, que servem para a determinação das porcentagens de cargas à serem analisadas, como por exemplo 20%, 30%, 50%, determinado pelo pesquisador, somente após a determinação da intensidade de força que o indivíduo realizará é que se inicia o exercício até sua exaustão, determinada geralmente por referências do próprio voluntário, e/ou pela verificação da impossibilidade do mesmo manter a carga estipulada. (MAURO, et al., 2002; SILVA, 2003; BARBOSA; GONÇALVES, 2005).

Na análise do sinal eletromiográfico comumente é utilizado, para identificar esse fenômeno neurofisiológico, a *Root Mean Square* (RMS), que essencialmente é definida como um procedimento matemático que eleva ao quadrado cada valor no sinal, calcula a média dos valores e, então, obtém a raiz quadrada do valor médio (DE LUCA, 1997). Para Da Silva e Gonçalves (2003) o aumento da amplitude do sinal eletromiográfico em função do número de coletas (tempo) é um preditor para a fadiga muscular, ou seja, o músculo na tentativa de manter a força aumenta sua atividade eletromiográfica.

Da mesma forma, Ascensão et al. (2003) acrescenta que no processo de fadiga muscular há aumento dos componentes do sinal eletromiográfico, enquanto as características no domínio da frequência do sinal se deslocam para zonas de baixa frequência.

A análise dos valores de RMS obtidos até os 30 segundos iniciais, possibilita uma forma de

protocolo denominada de “protocolo de 30 segundos”, utilizados em estudos de fadiga, no qual os mesmos métodos citados acima no protocolo de exaustão são aplicados durante o período de 30 segundos iniciais do exercício. A mesma metodologia pode ser utilizada em tipos diferentes de protocolos encontrados na literatura, nos quais os autores modificam o tempo, estipulando um período de contração em que o voluntário é solicitado a realizar a CIMV, variando de 15 segundos a 1 minuto, denominando esse protocolo conforme o período de contração que o voluntário realiza (MAURO, et al., 2002; SILVA, 2003).

Gonçalves (2002) utiliza o protocolo biomecânico, no qual solicita-se a máxima contração isométrica voluntária em um período de 30 segundos antes e depois de realizar contrações isotônicas com 15%, 25% e 50% da carga máxima, com duração de 1 minuto. Ao qual registra-se o valor de RMS de determinado músculo, entre o tempo inicial e final do movimento, no intuito de poder observar o desenvolvimento do processo de fadiga muscular através da correlação do valor da RMS com o tempo. Podendo ser esse protocolo associado à quantificação da força através do acoplamento de um Dinamômetro Isocinético (BARBOSA; GONÇALVES, 2005).

Como salientado, outro parâmetro proposto por alguns autores para avaliar a fadiga muscular é o estudo espectral do sinal, principalmente através da redução da frequência média e mediana (KUMAR, 2006). Essa redução durante a fadiga muscular, ocorre predominantemente pela diminuição da velocidade de condução do potencial de ação, em consequência, do aumento das concentrações de lactato durante o exercício e diminuição do pH (ASCENSÃO et al. 2003).

Discussão

Baseando-se nos estudos de Gonçalves (2006) acredita-se que a possibilidade da identificação não invasiva da fadiga muscular pela eletromiografia através da técnica de captação superficial possibilita uma alternativa de avaliação do fenômeno da fadiga muscular por diferentes protocolos e diversas técnicas de processamento do sinal eletromiográfico.

Conforme Sbriccoli (2003) a ativação de uma unidade motora refere-se à combinação do recrutamento e codificação de taxa de unidades motora do músculo. O papel dessas duas variáveis é controlar a produção de força, para isso é utilizada a máxima contração voluntária (MCV), caracterizada pelo recrutamento de um número máximo de unidades motoras disponíveis para um nível de força apropriado.

Segundo Tarkka (1984), durante a realização de exercício isométrico com carga constante até a fadiga ocorre um aumento tempo-dependente no sinal eletromiográfico, o que confere fidedignidade aos protocolos. Este aumento pode ocorrer devido ao aumento da amplitude do potencial de ação, a mudanças na ordem de recrutamento das unidades motoras após os primeiros segundos de contração, ao aumento das taxas de disparo do neurônio motor, sendo estes fatores utilizados como estratégia de compensação da perda da função motora, e sinal de fadiga muscular (MORITANI; NAGATA; MURO, 1982).

Gonçalves (2002) utilizou a mesma técnica de análise da atividade elétrica do potencial de ação das unidades motoras dos músculos bíceps braquial e braquiorradial produzidos logo após exercício exaustivo de flexão de antebraço.

O mesmo grupo muscular foi analisado por Porto et al., (2005) que utilizou o protocolo de contração isométrica máxima voluntária (CIMV), associando as contrações dinâmicas (CD) sem o objetivo de análise de fadiga, mas com intuito de verificar a replicabilidade da eletromiografia em exercício de flexão do antebraço, revelando não haver diferença na replicação da eletromiografia para a CIMV e CD.

Cardozo e Gonçalves (2003) relataram que a análise da RMS relacionada à análise no domínio do tempo tem demonstrado elevar-se em função do tempo de realização de determinado exercício, como consequência do recrutamento e da sincronização de unidades motoras, esse mecanismo visa manter o nível de força necessário para a realização de determinado exercício, bem como para compensar as unidades motoras já fadigadas.

Nesse sentido, destaca-se a utilização de períodos de tempo como alternativa para minimizar os fatores subjetivos passíveis de interferência nos resultados dos testes de resistência isométrica. Método este comumente utilizado como característica dos protocolos utilizados para identificação da fadiga (OLIVEIRA et al., 2006).

Silva (2003) com o objetivo de analisar o processo de fadiga muscular através da resposta eletromiográfica do músculo vasto lateral (VL) submetido a dois protocolos, o de exaustão e 1 minuto, no exercício isométrico de extensão do joelho, concluiu em seu trabalho um predomínio de correlações positivas em ambos os protocolos, caracterizando o desenvolvimento da fadiga, com uma intensidade das correlações e o nível de significância das retas apresentando melhores resultados no protocolo de exaustão.

Barbosa e Gonçalves (2005) objetivaram em seu estudo verificar a eficácia do protocolo de CIMV no início e no final de testes de exaustão

realizados contra cargas submáximas na identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha, verificada pelo declínio da força, avaliada por meio da dinamometria e da frequência mediana (FM) por meio da eletromiografia. O autor expressa a efetividade do estudo com a identificação da fadiga, justificada pela perda de força demonstrada na dinamometria. Resultado este que seria facilmente encontrado, uma vez que o autor aplica o protocolo de CIMV intermitentes por duas vezes, intercalados por um exercício de contração muscular isométrica voluntária máxima mantida até a sua exaustão.

Gonçalves et al., (2002) com o intuito de identificar a fadiga do músculo eretor da espinha, utiliza em seu estudo 9 voluntários que realizaram uma contração isométrica voluntária máxima de 3 segundos antes e depois de realizar contrações isotônicas com 15%, 25% e 50% da carga máxima, com duração de 1 minuto, caracterizando o protocolo biomecânico explanado acima. O autor conclui seu estudo, enfatizando a redução da frequência mediana caracterizada pela fadiga.

Oliveira et al., (2006) realizou em seu estudo com 10 voluntários o exercício de flexão do antebraço até a exaustão, com 25%, 35% e 45% da carga máxima, alcançando a fadiga caracterizada pela análise do sinal eletromiográfico.

Entretanto, nesses estudos a seleção da intensidade da carga a ser sustentada e o tempo de duração e, embora essas alternativas do teste ocorram de forma arbitrária, apresentem a vantagem óbvia de minimizar o estresse psicológico consequente da realização de um teste até a exaustão, é impossível assumir que os resultados obtidos sejam similares (BARBOSA; GONÇALVES, 2004).

Conclusão

Conclui-se que atualmente a eletromiografia é utilizada como recurso na identificação da fadiga muscular, tendo seu estudo despertado grande interesse através de vários protocolos propostos.

Após levantamento literário e análise de estudos verificou-se que a determinação da fadiga muscular pela eletromiografia de superfície é protocolo dependente, e ainda que os protocolos utilizados variam muito, diferenciando-se na carga estipulada, tempo de contração e intensidade dos exercícios, bem como o número de contrações utilizadas. Pode-se ainda observar que a maioria dos estudos utilizou a comparação da força muscular conjuntamente com a atividade eletromiográfica.

Cabe aqui enfatizar a facilidade de utilização da eletromiografia, promovendo assim através de um método não invasivo a fidelidade e confiabilidade

na detecção do processo de fadiga muscular.

Referências

ASCENSÃO A.; MAGALHÃES J.; OLIVEIRA J.; DUARTE J.; SOARES J. Fisiologia da fadiga muscular: mecanismos de fadiga de origem central e periférica. **Revista portuguesa de ciências do desporto**. V 3 nº 1, 2003, 108-123.

BASMAJIAN, J.V.; DE LUCA, C.J. Muscle alive: their functions revealed by electromyography. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985.

BARBOSA, F.S.; GONÇALVES, M. Comparação entre protocolos de exaustão e de 30 segundos utilizados na avaliação da fadiga eletromiográfica dos músculos eretores da espinha. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. V.9, n.1, 2005, 77-83; 2004.

BARBOSA, F.S.; GONÇALVES, M. Protocolo para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da dinamometria e da eletromiografia. **Revista Fisioterapia em movimento**, V.18, n.4, Out/Dez, 2005

CARDOZO, A.C.; GONÇALVES, M. Electromyographic fatigue threshold of erector spinae muscle induced by a muscular endurance test in health men. **Electromyography Clin Neurophysiol**, V.43: 377-380, 2003.

DA SILVA, S.R.; GONÇALVES, M. Comparação de protocolos para verificação da fadiga muscular pela eletromiografia de superfície. **Revista motriz**, Rio Claro, V.9, n.1, Janeiro/Abril, 2003.

DE LUCA CJ. Use of the surface electromyography in biomechanics. **J. Appl. Biomechanics**. v.13, p.135-163, 1997.

FERREIRA, J.J. et al. Atividade eletromiográfica dos músculos vasto medial e lateral durante exercícios de extensão do joelho. *Biomecânica músculo-esquelética*. UFPB, 2004.

GONÇALVES, M. Eletromiografia e a identificação da fadiga muscular. **Revista brasileira de educação física**. São Paulo, V.20, n.5, Setembro, 2006.

GONÇALVES, A. et al. Atividade eletromiográfica dos músculos bíceps braquial sob influencia de alongamento estático após exercícios exaustivos. **Bioscience Journal**, V.18, n.2, Dezembro, 2002.

GONÇALVES, M. et al. Protocolo Biomecânico para Identificação da Fadiga do Músculo Eretor da

Espinha. **Revista motriz**, Rio Claro, V.8, n.3, Set/Dez, 2002.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 10ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

KUMAR, S. Localized muscle fatigue: review of three experiments. **Rev. Bras de Fisioterapia**, v.10, nº1, p. 9-28, 2006.

MAURO G. et al. Protocolo Biomecânico para identificação da fadiga do músculo Eretor da Espinha, **Revista Motriz**, V.8, n.3, Set/Dez. 2002.

MORITANI, T; NAGATA, A; MURO, M. Electromyographic manifestations of muscular fatigue. **Méd, Sci Sports Exerc**; V.14, n.3, p. 198-202, 1982.

OCARINO, J.M. et al. Eletromiografia: interpretação e aplicações nas ciências da reabilitação. **Revista Fisioterapia Brasil**. V.6, n.4, Julho/Agosto, 2005.

OLIVEIRA, A. et al. Exercício rosca bíceps: influencia do tempo de execução e da intensidade da carga na atividade eletromiográfica lombar. **Rev. Port. Cien. Desp.**, 170-178, 2006.

PINTO, L.C. **Eletromiografia Clínica**; São Paulo: Atheneu, 1996.

PORTO, F. et al. Replicabilidade da EMGs do exercício rosca bíceps após período de 10 minutos. ISBN, PUCRS, 2005.

SANTOS, M.G. et al. Bases metabólicas da fadiga muscular aguda. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**. V.11, n.1, Janeiro, 2003.

SILVA, S.R.D. Análise da fadiga muscular pela amplitude do sinal eletromiográfico. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, V.11, n.3 Jul/Set 2003.

SBRICCOLI, P. et al. Amplitud and spectral characteristics of bíceps Brachii EMGs depend upon speed of isometric force generation. **Journal of electromyography and knesiology**. V.13, 139-147, 2003.

TARKKA, I.M. Power spectrum of electromyography in arm and leg muscle during isometric contractions and fatigue. **J. Sports Méd. Phys. Fit.**, Turin, V.24, n.3, p. 189 – 194, 1984.