

O USO DE ELETROMIOGRAFIA NO ESPORTE

HANS-JOACHIM MENZEL
Universidade Federal de Minas Gerais

A eletromiografia (EMG) é um método que permite a análise da atividade muscular. Isso é possível porque a excitação muscular é sujeita a atividade elétrica cujos efeitos podem ser medidos geralmente por eletrodos colados na pele do atleta, chamados eletrodos de superfície. Os impulsos oriundos do sistema nervoso central atingem o músculo esquelético por meio dos neurônios motores inferiores. Cada neurônio inerva um conjunto de fibras musculares. Esse conjunto neuromuscular é denominada como unidade motora, que é a menor unidade funcional do sistema neuromuscular. Em repouso, existe uma diferença de cargas elétricas entre os dois lados da membrana da célula muscular, permanecendo a parte interna com carga negativa e a externa, com positiva. A excitação da membrana ocorre por um impulso nervoso que proporciona sua despolarização, que, por sua vez, resulta em uma carga positiva na parte interna (potencial de ação). Essa despolarização se propaga até as fibras musculares,

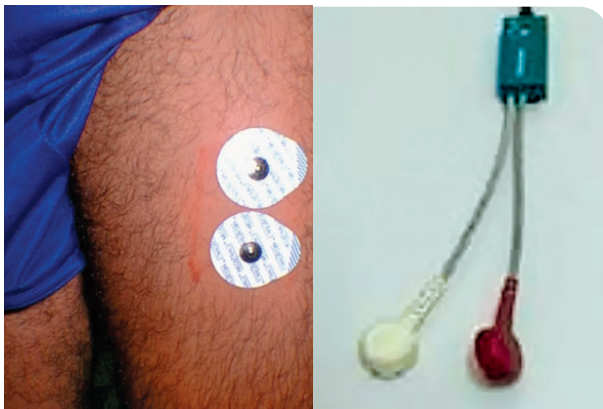


Figura 1. Eletrodos de superfície no m. reto femoral.

Figura 2. Eletrodo bipolar com aterramento e amplificador.

provocando a contração muscular. Quando o potencial de ação alcança seu máximo, a despolarização da membrana será revertida (repolarização) e o potencial volta ao valor de repouso. A atividade elétrica captada pelos eletrodos superficiais consiste na soma dos potenciais de ação transmitidos às fibras musculares em um dado momento.

As alterações dos potenciais elétricos podem ser medidas por meio de eletrodos. Em aplicações clínicas, e quando for necessário analisar a inervação de músculos mais profundos ou a inervação de unidades motoras específicas (coordenação intramuscular), eletrodos de agulhas podem ser utilizados, porém, pelo fato de ser um método invasivo pode provocar efeitos colaterais como o aumento do risco de infecção e de dores agudas. Em função disso, esse tipo de eletrodo não deve ser utilizado na prática da análise de movimentos esportivos. Para esse tipo de análise, o padrão de coordenação de diferentes grupos musculares superficiais poderá ser realizado através de eletrodos de superfície colocados sobre a pele (Figuras 1 e 2).

Geralmente são utilizados eletrodos bipolares com uma distância de 2 a 4 cm entre eles. Assim, os eletrodos de superfície avaliam a atividade de várias unidades motoras que participam na contração muscular. Porém, é necessário colocar um par de eletrodos em cada músculo a ser pesquisado e um eletrodo de referência (terra) em um lugar onde não há atividade elétrica (patela, maléolo ou em cima de outro osso apropriado). Para o registro correto da atividade eletromiográfica, a frequência de aquisição deve ser, no mínimo, o dobro da maior frequência do sinal. Como a maior frequência fica em torno de 400 a 500Hz, a frequência de aquisição deve ser, no mínimo, 1000Hz. A frequência máxima da atividade eletromiográfica depende da unidade motora, do tipo de trabalho muscular, da área do eletrodo (superfície de detecção) e da distância entre eles. Os eletrodos, geralmente, são compostos de *silver-silver* choride (Ag-AgCl), porque são considerados eletroquimicamente os mais está-

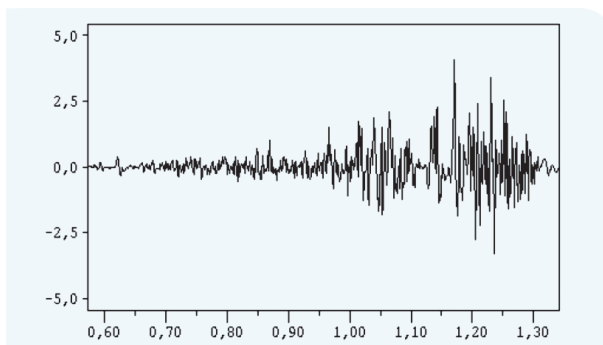


Figura 3. Sinal bruto

veis. De acordo com Hermens¹, os eletrodos deveriam ser colocados entre o ponto motor e o tendão distal. O ponto motor é a região do músculo onde um pequeno estímulo elétrico causa a maior resposta de contração das fibras musculares. Como a propagação do potencial de ação segue ao eixo longitudinal das fibras musculares, os eletrodos devem ser alinhados na mesma direção (Figura 1).

O sinal registrado depende da orientação das unidades motoras em relação aos eletrodos. Eles também influenciam o sinal de acordo com seu recrutamento e a frequência de ativação. Desse sinal podem ser analisadas as características de intensidade-temporal e suas frequências.

O sinal bruto (Figura 3) é a base para possíveis passos posteriores de análise. Ele pode ser analisado com objetivo de detectar o início e o fim da inervação muscular. Para identificar o início e o final de ativação é necessário definir um valor limiar de ativação que pode ser superado (início) ou não mais alcançado (fim).

Pelo fato da amplitude do sinal depender do tipo da fibra muscular, da localização dos eletrodos, do diâmetro do músculo, do tecido entre o músculo e os eletrodos, da distância entre os eletrodos e da área deles, o sinal não pode ser analisado diretamente. Sendo assim, o sinal eletromiográfico bruto (Figura 3) tem que ser tratado. Para esse fim existem diferentes métodos de processamento dos quais os mais comuns são o RMS (*root mean square*), a retificação, a integração e o envoltório linear.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}$$

Para analisar as alterações do sinal EMG no tempo, é possível determinar o RMS móvel, que é o RMS em um intervalo de tempo movido ao longo do sinal. Os intervalos podem ser sobrepostos, o que permite uma continuidade do sinal. Para contrações dinâmicas geralmente os inter-

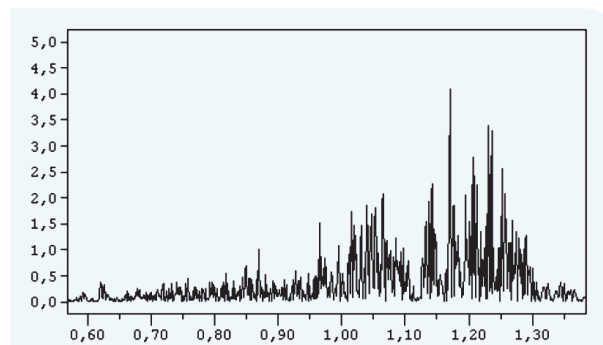


Figura 4. Sinal retificado

valos para o RMS móvel são de 100 a 200ms. Para contrações não dinâmicas os intervalos devem ser de 0,25 até 0,5s para intensidades maiores do que 50% da contração máxima voluntária e de 1 a 2s para intensidades menores do que 50% da contração máxima voluntária^{1,2}.

Por retificação entende-se a tomada do valor absoluto do sinal (Figura 4). A partir desse passo, é possível determinar o pico máximo e a média do sinal (*mean EMG* ou *ARV – averaged rectified voltage*). Esse valor representa a intensidade média da inervação durante o intervalo pesquisado. Outra variável da intensidade média é a integração do sinal (IEMG) que significa a determinação da área debaixo da curva retificada do EMG.

Para tornar a curva do sinal retificado mais legível e suprimir as altas frequências, o sinal retificado (Figura 4) pode ser alisado por um filtro passa-baixa resultando num envoltório linear (Figura 5). Geralmente a frequência de corte fica entre 3 e 50Hz³. Essa curva representa a tendência do sinal.

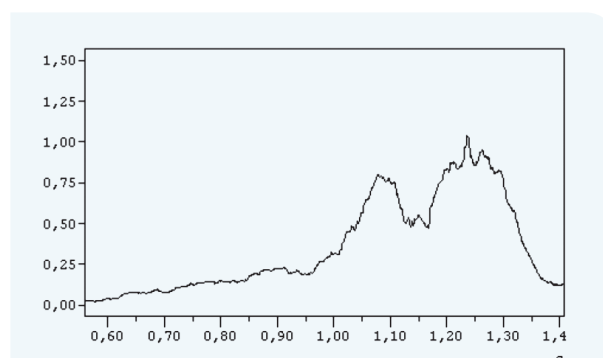


Figura 5. Curva envoltória do sinal retificado

Para analisar sinais de diferentes indivíduos, músculos ou medições, o sinal tem que ser normalizado, ou seja, transformado de valores absolutos das amplitudes em valores relativos referentes a um valor padrão de amplitude considerado 100%. As formas da normalização são a

contração voluntária máxima isométrica (CVMI), a média do sinal, o pico máximo do sinal e um valor fixo do sinal, como por exemplo, uma contração submáxima. Segundo Robertson⁴, o pico máximo é o melhor critério para a normalização de contrações dinâmicas. De acordo com o movimento a ser analisado, vários autores discutem o tipo adequado de normalização^{3,5}.

A determinação do espectro de frequências por meio da Transformada Rápida de Fourier (FFT – *Fast Fourier Trans-*

formation) é um outro método da análise do sinal EMG para identificar a combinação de várias funções independentes que representam o sinal EMG. As diferentes distâncias entre as fibras inervadas e os eletrodos são o principal motivo pelo qual os potenciais de ação alteram sua forma. Junto com a forma dos potenciais mudam também as frequências. Isso é uma das características de fadiga. Sendo assim, ela pode ser identificada pela alteração da média e da mediana das frequências^{1,6}.

REFERÊNCIAS

01. Hermens, H. J.; Freriks, B. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v.10, n.5, 2000, p. 361-374.
02. De Luca, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, v.13, 1997, p. 135-163.
03. Robertson, D. G. E.; Caldwell, G. E.; Hamill, J.; Kamen, G.; Whittlesey, S. N. *Research methods in biomechanics*. Human Kinetics, Champaign, 2004.
04. Robertson, D. G. E.; Caldwell, G. E.; Hamill, J.; Kamen, G.; Whittlesey, S. N. *Research methods in biomechanics*. Human Kinetics, Champaign, 2000.
05. Burden, A.; Bartlett, R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Medical Engineering & Physics*, v. 21, 1999, p. 247-257.
06. Enoka, R. M. *Bases neuromecânicas da cinesiologia*. Manole, São Paulo, 2000.

EXPEDIENTE

Responsável: Departamento de Desenvolvimento do COB
Superintendente Executivo de Esportes: Marcus Vinícius Freire
Gerente Geral: Agberto Guimarães
Área de Ciência do Esporte: Luis Eduardo Viveiros de Castro, Maurício Nunes Rodrigues e Julio Noronha
Layout e diagramação: Gerência de Marketing e Comunicação do COB

Revisão de Texto: Gerência de Comunicação Institucional do COB
Endereço: Comitê Olímpico Brasileiro
Avenida das Américas, 899 - Barra da Tijuca
Rio de Janeiro-RJ - CEP: 22631-000
Contatos: E-mail: laboratorioolimpico@cob.org.br
Fax: (21) 3433-5858

Laboratório Olímpico é uma publicação do Comitê Olímpico Brasileiro (COB)

PATROCINADORES OFICIAIS



APOIADOR



ASSISTÊNCIA ODONTOLÓGICA

