

# Registros eletromiográficos para ilustrar as aulas de fisiologia neuromuscular

**Diogo Correa Maldonado**

Graduado em Fisioterapia – UNINOVE.  
fisiomaldonado@ig.com.br, São Paulo [Brasil]

**Márcio Cantuário Ferreira**

Graduando em Fisioterapia – UNINOVE.  
fisiocantuario@ig.com.br, São Paulo [Brasil]

**Renata Patrícia Pudo Ribeiro**

Graduada em Fisioterapia – UNINOVE.  
fisiorenata9@ig.com.br, São Paulo [Brasil]

**Adriana Ferreira Grosso**

Mestre em Entomologia – USP;  
Professora na graduação – UNIB/UNINOVE.  
adrianafg@uninove.br, São Paulo [Brasil]

Um indivíduo pode mudar sua posição no espaço e aplicar forças mecânicas no ambiente porque há movimento de seus músculos (contração muscular) e geração de força. A partir de fenômenos elétricos, os potenciais de ação e as fibras musculares se contraem. O conhecimento dos processos fisiológicos que envolvem a unidade motora é o ponto fundamental para os estudos eletromiográficos. Pela eletromiografia, os fisioterapeutas podem avaliar a integridade neuromuscular de seus pacientes e, com isso, estabelecer o tratamento correspondente. O objetivo deste trabalho foi acompanhar as interações neuromusculares por meio da eletromiografia do músculo reto femoral saudável, para propor um protocolo experimental que vem demonstrar, na prática, toda a interação neuromuscular, auxiliando graduandos em fisioterapia a compreender a teoria da fisiologia do controle motor.

**Palavras-chave:** Eletromiografia.  
Fisiologia neuromuscular. Unidade motora.

## 1 Introdução

Os músculos se contraem e produzem força. É por meio do movimento coordenado de diferentes grupos musculares esqueléticos que o indivíduo pode mudar sua posição no espaço e aplicar forças mecânicas no ambiente (COHEN, 2001; DOUGLAS, 2002; GANONG, 1998).

A contração muscular e a produção de força são provocadas pelas alterações bioquímicas e biofísicas no arranjo muscular a partir de um fenômeno elétrico, o potencial de ação (PA), que excita cada fibra muscular (FAOTA, 2001; GUYTON; HALL, 2002).

De acordo com Lundy-Ekman (2002), um neurônio motor (ou motoneurônio) e suas ramificações procedentes do corno anterior da medula espinal inervam um pequeno grupo de fibras musculares. A esse conjunto dá-se o nome de unidade motora (COSTANZO, 2004). Os impulsos nervosos, na forma de potenciais de ação, percorrem o neurônio motor e alcançam as fibras musculares esqueléticas provocando o seu encurtamento, o que é chamado, no conjunto, de contração muscular (ROBINSON, 2001).

O uso da eletromiografia é de extrema importância clínica, pois possibilita a comparação da atividade elétrica das fibras musculoesqueléticas em repouso e durante a ativação voluntária do músculo, a fim de verificar possíveis lesões (achados patológicos) e prescrever o tratamento específico (ROBINSON; KELLOGG, 2002). O registro dos padrões de potencial elétrico da unidade motora é denominado eletromiografia.

As técnicas de registro eletromiográfico utilizam eletrodos – de agulha ou de superfície – conectados a instrumentos de registro. Os eletrodos são conectados a três entradas do instrumento registrador com as indica-

ções ativo (negativo), referência (positivo) e terra (ROBINSON; KELLOGG, 2002).

Segundo estudos de biomecânica (LUCA, 1997), há três aplicações da eletromiografia: 1 é usada como indicador de iniciação de ativação muscular; 2 é usada como indicador da força produzida pelo músculo durante sua atividade e 3 representa um índice de fadiga muscular. No primeiro caso, o sinal eletromiográfico (EMG) pode informar a seqüência temporal de um ou mais músculos, iniciando a sua atividade tal como na marcha ou na manutenção da postura ereta.

Vários autores (RODRIGUEZ-AÑEZ, [2000?]; BINDER-MACLEOD, 2001; LUCA, 1997; AMADIO et al., [2000?]) confirmam que os testes eletromiográficos ajudam o fisioterapeuta a responder às seguintes questões:

- O músculo está normalmente inervado, parcialmente inervado ou desnervado?
- Existe evidência de reinervação?
- As informações eletromiográficas são compatíveis com neuropatias ou miopatias?
- Em neuropatia, qual o local específico da lesão?
- O problema envolve a inervação dos ramos primários anteriores ou posteriores, ou inervação dos nervos cranianos?

Por meio da eletromiografia cinesiológica (LOW; REED, 2001), obtêm-se dados fundamentais da função muscular durante tarefas intencionais específicas ou regimes terapêuticos e também é possível avaliar se as metas terapêuticas sugeridas estão sendo alcançadas.

Tendo em mente a aplicação do estudo eletromiográfico na recuperação de um paciente, a idéia é utilizar esse equipamento para demonstrar, durante as aulas de neurofisiologia, a existência de comunicação eletrofisioló-

gica (potenciais de ação) entre célula nervosa e fibra muscular e fundamentar a discussão de inúmeros parâmetros fisiológicos neuromusculares (existência de uma comunicação eletroquímica entre neurônios motores e fibras musculares, variações de potenciais da unidade motora, importância do ponto motor, existência da placa motora e principais acontecimentos no local, força muscular, características de uma contração isométrica, potenciais de fasciculação, entre outros).

O objetivo deste trabalho é acompanhar o comportamento neuromuscular por meio da eletromiografia no músculo reto femoral saudável.

## 2 Materiais e método

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia e na Clínica de Fisioterapia do Centro Universitário Nove de Julho (UNINOVE), em 2004. Contou com uma pesquisa entre os professores de fisioterapia sobre quais seriam as principais dificuldades dos alunos quando fosse necessário aplicar os conceitos de fisiologia neuromuscular e controle motor. Em seguida, procurou-se conhecer o funcionamento do equipamento de eletromiografia para montar um experimento que claramente demonstrasse os parâmetros fisiológicos neuromusculares estudados na teoria, utilizando o citado equipamento.

## 3 Resultados e discussão

O protocolo experimental elaborado pela equipe propõe o acompanhamento dos registros eletromiográficos do músculo reto femoral, durante três etapas: em posição de decúbito dorsal (comparando os registros com o

músculo em repouso e em atividade voluntária), voluntário sentado (comparando também os registros do músculo em repouso e em atividade voluntária) e em posição ortostática (simulação de fadiga muscular). Após a realização dos experimentos, comparando os resultados obtidos pelo eletromiógrafo em cada etapa e observando as diferenças de amplitude e frequência mostradas para cada momento do experimento, o aluno deverá ser capaz de responder às seguintes questões:

- Quais os principais acontecimentos que caracterizam o potencial elétrico de polarização ou repouso e o potencial elétrico de despolarização?
- Qual a relação entre potencial elétrico e contração muscular?
- Algum potencial de fasciculação pode ser identificado nos registros de eletromiografia?
- Como o uso de eletromiografia auxiliaria um paciente que sofreu lesão medular parcial, tem os movimentos dos membros inferiores limitados e está sob orientação fisioterapêutica?

## 4 Protocolo experimental para verificação de propriedades eletromiográficas do músculo reto femoral

A atividade elétrica voluntariamente estimulada da unidade motora pode ser registrada por eletrodos colocados no interior (EMG de profundidade) ou sobre um músculo (EMG de superfície).

Na eletromiografia de profundidade, os eletrodos são inseridos no músculo, em contato direto com as fibras musculares. Por ser



um método invasivo, seu uso é limitado e pouco requerido.

Na eletromiografia de superfície, os eletrodos são colocados sobre a pele e captam a somatória dos sinais elétricos das inúmeras fibras musculares ativas. É largamente utilizada em estudos neurofisiológicos e cine-siológicos, por ser de fácil execução, embora haja uma série de fatores que afetam o sinal eletromiográfico e que exigem atenção para o entendimento dos resultados. Alguns desses fatores interferem não só na expressão do sinal EMG, como também na produção de força pelo músculo.

O sinal eletromiográfico é resultante de fatores fisiológicos, anatômicos e técnicos que influenciam consideravelmente a resposta neuromuscular a ser registrada. Esses fatores são numerosos e podem ser resumidamente agrupados em três categorias: 1 aqueles que exercem efeitos básicos ou elementares sobre o sinal, que dizem respeito às características dos eletrodos ou fatores de natureza fisiológica, anatômica e bioquímica do próprio músculo, como, por exemplo, o grau de impedância (resistência) dos tecidos que varia com a região do corpo; 2 aqueles considerados representativos dos fenômenos físicos e fisiológicos, os quais são influenciados pelos fatores da primeira categoria e atuam sobre a terceira, tais como influências dos sinais produzidos por fibras da vizinhança (*cross-talk*), velocidade de condução do PA na membrana muscular e posicionamento dos eletrodos sobre a superfície a ser estimulada, considerando uma contração isométrica; 3 aqueles que influenciam diretamente a informação do sinal eletromiográfico e o registro da força. Podem ser exemplificados pelo número de unidades motoras ativas, pela taxa de descargas da unidade motora e até mesmo pelos ruídos provocados no ambiente.

O equipamento de eletromiografia exige um amplificador e um filtro de sinais elétricos. E uma vez obtido, amplificado e filtrado o sinal, ele pode ser exposto de maneira direta ou digitado e manipulado eletronicamente antes de sua exposição.

O sinal, uma vez digitado, pode ser exibido em um osciloscópio – monitor de linhas – ou em um monitor de TV.

A instalação básica dos eletrodos inicia-se com a ligação de um eletrodo “terra”, que dissipa os estímulos excessivos, aliviando uma possível descarga elétrica. Em seguida, instalam-se o eletrodo de referência (pólo positivo) e o eletrodo ativo (pólo negativo), os quais detectam os sinais eletromiográficos. A fixação dos eletrodos de referência e ativo, preferencialmente, deve ser sobre o ponto motor do músculo (BIENFAIT, 2000) cujo registro eletromiográfico se deseja. O ponto motor é o local sobre a pele em que pode ser obtida a máxima contração muscular.

Os eletrodos são fixados à pele por meio de gel auto-adesivo para diminuição da resistência (impedância) ao pulso elétrico detectado e para melhor fixação. Além do EMG, alguns acessórios auxiliam na complementação dos resultados, tais como o eletrogoniômetro, que verifica a amplitude do movimento, e a célula de carga, que verifica a força utilizada em determinado movimento.

Apesar dos inúmeros benefícios da eletromiografia, sugerem-se alguns cuidados para sua utilização: evitar o uso do equipamento (ou dos eletrodos de profundidade) em indivíduos portadores de edema de extremidade, acometidos de dores decorrentes de processo inflamatório (MAYER; PRICE, 2001), dermatite, ou que apresentem fatores anormais de coagulação sanguínea, ou ainda se forem pacientes não-cooperativos, convalescentes de infarto do miocárdio, portadores de

doença transmissível pelo sangue, imunossupressão, possuam marcapasso ou hipersensibilidade à estimulação.

## 5 Objetivos do experimento

Avaliar a atividade fisiológica neuromuscular a partir do acompanhamento do registro do sinal eletromiográfico.

### 5.1 Material

Equipamento de estimulação nervosa elétrica transcutânea (TENS, do inglês *transcutaneous electric neuro stimulation*)

- Eletromiógrafo (EMG)  
Utilizou-se um EMG de 16 canais, sendo cada canal composto de 2 eletrodos de superfície. O sinal EMG foi captado pelo programa AqDados e os resultados processados em MatLab 6.1.
- Eletrogoniômetro
- Colchonete ou maca
- Cadeira
- Esparadrapo ou fita adesiva
- Cronômetro
- Carrinho auxiliar
- Escada para maca

### 5.2 Procedimentos

Na realização deste experimento, solicita-se ao voluntário que esteja trajando *short* curto ou sunga. Haverá uma análise do músculo reto femoral (quadríceps).

#### 5.2.1 1º etapa: encontrar o ponto motor com o equipamento de TENS

Posicionar o voluntário em uma cadeira, localizar o músculo quadríceps e colocar-lhe um dos eletrodos na face medial, na porção proximal da tíbia. O voluntário terá o outro

eletrodo colocado na região anterior, porção distal do seu antebraço. Não é necessário fazer ajustes de frequência e largura de pulso no aparelho de eletroestimulação; apenas se deseja marcação da intensidade (sugestão 2,5 miliampères). Utilizando o dedo indicador, o experimentador faz uma palpação vigorosa, procurando o ponto motor do músculo reto femoral. Uma vez localizado o ponto motor, desliza o dedo indicador até que se obtenha uma sensação intensa de formigamento. Este local deve ser marcado com a caneta. Caso o experimentador tenha dificuldade em obter essa resposta de formigamento, aconselha-se que aumente a intensidade da corrente.

#### 5.2.2 2º etapa: fixação dos eletrodos do EMG

Desliga-se o equipamento de eletroestimulação e, agora, conecta-se o voluntário ao eletromiógrafo, fixando o eletrodo preto (pólo positivo) em cima do ponto motor (marcação feita com a caneta), o eletrodo vermelho (pólo negativo) no sentido das fibras musculares, na direção da inserção final, e o eletrodo terra em uma estrutura óssea. Neste caso, é utilizada a patela (Figura 1).

#### 5.2.3 3º etapa: análise do potencial de ação do músculo reto femoral

Para cada etapa a seguir, é importante posicionar corretamente o paciente e verificar todas as possíveis influências sobre o sinal que será registrado. Aconselha-se realizar algumas simulações do repouso e dos movimentos antes de fazer o registro eletromiográfico propriamente dito. Essas simulações serão desconsideradas nos resultados finais.

Após receber as orientações apropriadas, o voluntário obedece aos comandos do experimentador que registra os dados de cada etapa experimental.





**Figura 1: Pontos corretos de fixação dos eletrodos**

Fonte: Os autores.

### 5.3 Decúbito dorsal

Ao voluntário que se encontra deitado em posição de decúbito dorsal, em um colchonete ou maca, é solicitado que fique com o membro em experimentação em repouso. Nesta fase, o experimentador faz a gravação dos potenciais elétricos do músculo, durante 30 segundos. Em seguida, ao voluntário posicionado ainda em decúbito dorsal, é solicitado que realize uma contração isométrica (contração do músculo anterior da coxa, sem movimentação de tornozelo ou pé) e a mantenha por 30 segundos, enquanto o experimentador faz a gravação do potencial elétrico desta etapa.

### 5.4 Sentado

O experimentador fixa, no voluntário, o eletrogoniômetro na face lateral da articulação do joelho (bem fixado). É importante que se teste o equipamento antes de iniciar o registro do movimento.

O experimentador explica o procedimento para o voluntário que estará sentado sem o apoio dos pés (Figura 2). Nos primeiros dez segundos, ele faz uma extensão de joelho, mantendo uma contração isométrica (uma extensão da perna mantida por dez segundos registrados no cronômetro). Na sequência, pede-se que flexione o joelho a 90° graus e repouse o membro por mais dez segundos, marcados no cronômetro. Por fim, o voluntário realiza movimentos contínuos de flexão e extensão de joelho por mais dez segundos, totalizando 30 segundos, com extensão seguida de repouso e exercício de flexão e extensão.

O experimentador faz a gravação contínua do potencial elétrico destas três etapas.



**Figura 2: Voluntário para a realização dos registros eletromiográficos em posição**

Fonte: Os autores.

### 5.5 Posição unipodal

Neste momento, o voluntário tomará a posição ortostática e, nos primeiros 20 segun-

dos, ficará em apoio unipodal, com total extensão de joelho (o peso do corpo estará sobre o membro em que se encontram fixados os eletrodos e o eletrogoniômetro, enquanto o outro membro estará flexionado, apoiado levemente na escada e as mãos no carrinho auxiliar). Nos dez segundos finais, realiza uma semiflexão do joelho com os eletrodos e eletrogoniômetro fixados, mantendo-se nessa posição até completar os 30 segundos no cronômetro, como demonstrado na Figura 3.



**Figura 3: Voluntário em posição unipodal com o EMG acoplado**

Fonte: Os autores.

O experimentador faz a gravação contínua do potencial elétrico desses momentos.

## 6 Discussão

A execução do protocolo experimental proposto chama a atenção para o comportamento das variáveis fisiológicas no que concerne à comunicação neuromuscular. Por meio de prática em laboratório, o estudante

terá a oportunidade de vivenciar situações que se assemelham às próprias ocorrências diárias ou que até as representam.

O aprendizado mais consistente a longo prazo solidifica-se com a percepção do aluno de que, experimentalmente, é possível visualizar e comprovar o conteúdo teórico. Tal consistência vem com a proposta de questionamento e discussões, pela análise dos dados obtidos na experimentação.

## 7 Conclusões

A execução do protocolo experimental proposto evidencia a existência da comunicação entre nervo e fibras musculares e fornece uma alternativa para comprovação dessa interação neuromuscular.

A realização de experimentos sempre facilita e complementa a compreensão da teoria e mostra a aplicabilidade da disciplina no contexto do curso.

### Electromyographic registers for illustrating neuromuscular physiology classes

An individual can change his position in space and apply mechanical strength to the environment because there is muscular movement (muscular contraction) and power generation. The muscular fibers contract due to electrical phenomena, the action potential. The knowledge of physiological processes that involve the motor unit is the fundamental point for the electromyographic studies. Through electromyographic, physiotherapists can evaluate the neuromuscular integrity of their patient and thus establish a correspondent treatment. The aim of this



work was to observe the neuromuscular interactions using the healthy rectus femoris muscle electromyography in order to propose an experimental protocol that demonstrate, in practice, the whole neuromuscular interaction. These procedures help the physiotherapy students to understand the physiology theory of motor control.

**Key words:** Electromyography. Motor unit. Neuromuscular physiology.

## Referências

AMADIO, A. C. et al. *Métodos de medição em biomecânica do esporte*: descrição de protocolos para aplicação nos Centros de Excelência Esportiva (Rede CENESP-MET). São Paulo: USP, [2000?]. Disponível em: <[http://www.usp.br/eef/biomecan/download/protocolo\\_rbb.pdf](http://www.usp.br/eef/biomecan/download/protocolo_rbb.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2004.

BIENFAIT, M. *As bases da fisiologia da terapia manual*. 1. ed. São Paulo: Summus, 2000.

BINDER-MACLEOD, S. A. Biofeedback eletromiográfico para melhorar o controle motor voluntário. In: ROBINSON, A. J.; SNYDER-MACKLER, L. *Eletrofisiologia clínica*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 383-396.

COHEN, H. S. *Neurociência para fisioterapeutas*. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.

COSTANZO, L. S. *Fisiologia*. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2004.

DOUGLAS, C. A. R. *Tratado de fisiologia aplicada à fisioterapia*. 1. ed. São Paulo: Robe Editorial, 2002.

FAOTA, O. T. R. Anatomia macroscópica. In: COHEN, H. S. *Neurociência para Fisioterapeutas*. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001. p. 11-26.

GANONG, W. F. *Fisiologia médica*. 17. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

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

LOW, J.; REED, A. *Eletroterapia explicada: princípios e prática*. 3. ed. São Paulo: Manole, 2001.

LUCA, C. J. D. The use of electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, Newark, v. 13, n. 2, p. 135-163, 1997.

LUNDY-EKMAN, L. *Neurociência: fundamentos para a reabilitação*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

MAYER, D. J.; PRICE, D. D. Mecanismos neurais da dor. In: ROBINSON, A. J.; SNYDER-MACKLER, L. *Eletrofisiologia clínica*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 196-249.

ROBINSON, A. J. Fisiologia do músculo e do nervo. In: ROBINSON, A. J.; SNYDER-MACKLER, L. *Eletrofisiologia clínica*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 85-118.

ROBINSON, A. J.; KELLOGG, R. Estudo clínico eletrofisiológico. In: ROBINSON, A. J.; SNYDER-MACKLER, L. *Eletrofisiologia clínica*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 319-382.

RODRIGUEZ-AÑEZ, C. R. *A Eletromiografia na análise da postura*. Curitiba: [2000?]. Disponível em: <[http://winston.allhosting.com.br/emg\\_e\\_postura.htm](http://winston.allhosting.com.br/emg_e_postura.htm)>. Acesso em: 10 fev. 2004.

recebido em: 29 abr. 2005 / aprovado em: 20 jun. 2005

### Para referenciar este texto:

MALDONADO, D. C. et al. Registro eletromiográficos para ilustrar as aulas de fisiologia neuromuscular. *ConScientiae Saúde*, São Paulo, v. 4, p. 79-86, 2005.