

Coleção Eletromiografia de superfície: da teoria à prática, I



ELETROMIOGRAFIA

O QUE É E PARA QUE SERVE



Eduardo Mendonça Scheeren
Eddy Krueger
Cíntia de la Rocha Freitas



1ª reimpressão

PUCPRESS 

ELETROMIOGRAFIA

O QUE É E PARA QUE SERVE



Coleção Eletromiografia de superfície: da teoria à prática, I

ELETROMIOGRAFIA

O QUE É E PARA QUE SERVE



Eduardo Mendonça Scheeren
Eddy Krueger
Cíntia de la Rocha Freitas

1ª reimpressão

PUCPRESS 

Curitiba | 2015

© 2015, Eduardo Mendonça Scheeren e outros
2015, PUCPRes
2016, 1ª reimpressão

Este livro, na totalidade ou em parte, não pode ser reproduzido por qualquer meio sem autorização expressa por escrito do Editor.

Conselho Editorial

Auristela Duarte de Lima Moser
Cilene da Silva Gomes Ribeiro
Eduardo Biacchi Gomes
Jaime Ramos
Joana Paulin Romanowski
Lorete Maria da S. Kotze
Rodrigo Moraes da Silveira
Ruy Inácio Neiva de Carvalho
Vilmar Rodrigues Moreira
Zanei Ramos Barcellos

Editora Universitária Champagnat

Coordenação: Michele Marcos de Oliveira

Editor: Marcelo Manduca

Revisão de texto e normas: Ísis D'Angelis e Debora Carvalho Capella

Editor de arte: Solange Freitas de Melo Eschípio

Capa: Rafael Matta Carnasciali

Projeto gráfico e diagramação: Rafael Matta Carnasciali e Felipe Machado de Souza

Editora Universitária Champagnat

Rua Imaculada Conceição, 1155 – Prédio da Administração – 6º andar
Câmpus Curitiba – CEP 80215-901 – Curitiba (PR)
Tel. (41) 3271-1701
editora.champagnat@pucpr.br – www.editorachampagnat.pucpr.br

S314e Scheeren, Eduardo Mendonça.
Eletromiografia : o que é e para que serve / Eduardo Mendonça Scheeren, Eddy Krueger, Cintia de la Rocha Freitas. – Curitiba : PUCPRes, 2015.
72 p. ; 22 cm. (Coleção Eletromiografia de superfície : da teoria à prática ; 1)

Inclui referências.

ISBN Coleção 978-85-68324-06-6

ISBN 978-85-68324-07-3

1. Eletromiografia. I. Krueger, E. II. Freitas, C. de la R.
III. Título. IV. Série.

CDD 616.7407547

LISTA DE FIGURAS

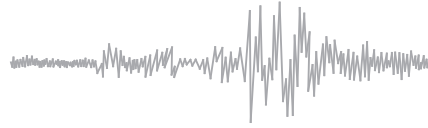


Figura 1	Músculo gastrocnêmio com a indicação do ventre muscular e dos tendões	25
Figura 2	Fases do potencial de ação: o impulso nervoso percorre a célula nervosa até atingir a placa motora	26
Figura 3	Modelo esquemático de uma unidade motora com um motoneurônio e 12 fibras por ele inervadas	27
Figura 4	Sinal clássico de eletromiografia: o sinal bruto mostra que o registro é bifásico (valores positivos e negativos).....	29
Figura 5	Equipamentos de eletromiografia: A – Equipamento de quatro canais, com o cabo conectado no canal 1; B – Equipamento sem fio (<i>wireless</i>) de quatro canais, com o eletrodo conectado de maneira remota ao equipamento. Os eletrodos são posicionados no músculo em pares, e o eletrodo de referência ou terra é somente um	35
Figura 6	Equipamento comercializado pela <i>BioSmart</i> , medindo o grau de abdução e adução de ombro em tempo real. A seta na cor verde indica a amplitude do movimento	36
Figura 7	Exemplo de equipamento genérico que utiliza a célula de carga para medir a resposta de força muscular	38

Figura 8	Plataforma de força posicionada no mesmo plano do solo	40
Figura 9	Marcação, na pele, do local onde será feita a tricotomia (músculo sóleo)	41
Figura 10	Realização da tricotomia na região demarcada previamente (músculo sóleo)	41
Figura 11	Fricção na pele, no local de posicionamento dos eletrodos, com algodão e álcool	42
Figura 12	Marcação do local de posicionamento do eletrodo de referência sobre a face da tíbia	43
Figura 13	Posicionamento dos eletrodos no músculo bíceps braquial, de acordo com as recomendações do Seniam. Medição da linha entre o acrômio e a fossa cubital; terço distal da distância	44
Figura 14	Modelo esquemático de cabos entrelaçados para minimizar interferências	44
Figura 15	Posicionamento dos eletrodos nos músculos reto femoral (1), vasto lateral (2) e vasto medial (3)	45
Figura 16	Fixação do eletrodo de referência na face da tíbia (A); eletrodos posicionados no músculo sóleo (B)	45
Figura 17	Eletrodos de tamanho adulto com distância de 2 cm entre os centros	46
Figura 18	Secção transversa das estruturas músculo, tecido adiposo e pele e a influência da gordura na captação do sinal de EMG. A – Músculo com camada menos espessa de tecido adiposo; B – Músculo com camada mais espessa de tecido adiposo	47
Figura 19	Modelo esquemático do protocolo. As colunas representam as três tentativas isométricas das CVMs; a rampa de força isométrica crescente, o platô e a descida representam o protocolo de indução à fadiga, com a manutenção da força submáxima em 70% da CVM durante o maior tempo possível	48
Figura 20	Passos de uma coleta de dados de EMG	50
Figura 21	Dados brutos (A) e normalizados (B)	57

Figura 22	Representação do sinal eletromiográfico nos domínios temporal (linha amarela representa o envelope RMS, retângulos laranja e azul representam as janelas do sinal); espectral (traçados laranja e azul são referentes às janelas selecionadas no domínio temporal); e <i>wavelet</i> (representação em 3D à esquerda e 2D à direita)	58
Figura 23	Sinal eletromiográfico: A – Com ruído (sem filtro); B – Atenuação do ruído (com filtro). Os números indicam as harmônicas do sinal. Foi utilizado o mesmo fundo de escala em ambas	61
Figura 24	Protocolo de fadiga muscular. A – Domínio da frequência com o músculo fresco (cor verde) e com o músculo fadigado (cor vermelha); B – Domínio temporal com todo o protocolo e os pontos escolhidos para análise do domínio da frequência (A); e C – Domínio <i>wavelet</i> com a resposta da frequência ao longo do tempo em 2D (imagem à direita) e 3D (imagem à esquerda)	62
Figura 25	Representação do <i>biofeedback</i> por meio da EMG. Linha tracejada vermelha: ruim; linha tracejada laranja: bom; linha tracejada verde: ótimo	63

SUMÁRIO



PREFÁCIO	11
CONSIDERAÇÕES SOBRE A COLEÇÃO	17
INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO 1 ENTENDENDO A ELETROMIOGRAFIA	21
1.1 Breve histórico	22
1.2 Eletromiografia (EMG) e fisiologia	24
1.3 Eletromiógrafo	28
1.4 Definindo o projeto	28
1.5 Aplicações da EMG	29
CAPÍTULO 2 PREPARAÇÃO E COLETA DE DADOS	33
2.1 Eletromiógrafo e suas partes	34
2.2 Outros dispositivos de medida	35
2.2.1 Acelerômetro	35
2.2.2 Célula de carga	37
2.2.3 Cinemetria	37
2.2.4 Goniometria	38
2.2.5 Plataforma de força	39
2.3 Preparando a pele	40
2.4 Posicionamento dos eletrodos	42
2.5 Interferência do tecido adiposo	46

2.6	Protocolo experimental	47
2.7	Ligando o eletromiógrafo	48
2.8	Passo a passo de uma coleta	49
CAPÍTULO 3	PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	53
3.1	Armazenamento e organização	54
3.2	Processamento do sinal	54
3.2.1	Normalização do sinal	55
3.2.2	Domínios do tempo e da frequência	57
3.2.3	Filtros	59
3.3	Fadiga muscular	60
3.4	<i>Biofeedback</i>	60
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	REFERÊNCIAS	67
	SOBRE OS AUTORES	71

PREFÁCIO



Somos seres movidos a eletricidade.

Essa simples sentença revela, ao mesmo tempo, uma grande simplicidade e uma enorme complexidade de nosso sistema de movimento. Nossos movimentos são decorrentes da ativação elétrica, por parte do sistema nervoso, de nossos músculos. Neurônios e fibras musculares gozam da mesma propriedade de serem células excitáveis, e essa excitação é gerada por meio de uma diferença de potencial elétrico entre o meio extracelular e o meio intracelular. Tal diferença, com as células musculares e nervosas mais eletronegativas em seu interior (presença de íons negativos em maior quantidade do que íons positivos) em relação ao meio extracelular, possibilita a geração de um estímulo eletroquímico celular e é uma das forças motrizes de um potencial de ação.

Mas que relação a eletromiografia tem com esses potenciais elétricos? A eletromiografia revela de que maneira o sistema nervoso central comanda, controla e coordena nossos músculos para gerar movimento. A simplicidade do sistema de movimento reside no fato de que a informa-

ção gerada em nosso sistema nervoso central é baseada nesses potenciais eletroquímicos denominados *potenciais de ação*. Já sua complexidade reside no fato de que esses estímulos eletroquímicos são transmitidos entre diversos grupos de neurônios, com formas e funções diferentes no sistema nervoso central. Os potenciais de ação, ao serem transmitidos por meio dessas redes neuronais, geram nosso intelecto, nossas sensações e emoções, nossos pensamentos e movimentos.

Como a própria palavra *eletromiografia* revela, ela representa a grafia (a escrita, representação gráfica) da atividade elétrica do músculo. Nossos músculos são compostos por grupos de fibras musculares que compartilham um mesmo motoneurônio, ou seja, são constituídos pelo que denominamos de *unidades motoras*. Elas são as unidades funcionais do sistema neuromuscular, que se apresentam em diferentes tamanhos (grandes, médias, pequenas) e com diferentes tipos de fibras musculares (I, IIa, IIb), resultando nas unidades motoras lentas oxidativas (SO), rápidas oxidativo-glicolíticas (FOG) e rápidas glicolíticas (FG). O recrutamento desses diferentes tipos de unidades motoras durante qualquer ato motor gera o movimento de nossas articulações. Portanto, a compreensão dos conceitos básicos sobre a estrutura do sistema neuromuscular é fundamental para que possamos entender a origem da eletromiografia.

E para que serve a eletromiografia? Ela é uma ferramenta fantástica, que apresenta uma série de utilidades. Ao gravarmos a atividade elétrica dos músculos, temos condições de identificar quando eles são ativados e em que ordem isso ocorre, algo fundamental para entendermos como se dá o controle motor. Além disso, temos condições de avaliar o grau de ativação muscular e, durante o esforço máximo, identificar inibições musculares. Se observarmos a frequência do sinal eletromiográfico, podemos avaliar o grau de fadigabilidade dos músculos. Se analisarmos a razão entre a atividade elétrica e a força muscular gerada durante as contrações, temos condições de avaliar a eficiência neuromuscular. Também podemos utilizar o sinal eletromiográfico como parâmetro inicial para modelos matemáticos que predizem a capacidade de força que deveria ser gerada por esses



músculos quando ativados. Enfim, esses são apenas alguns exemplos da utilização da eletromiografia.

Entretanto, devemos deixar claro que estamos tratando da eletromiografia de superfície, na qual os sinais elétricos dos músculos são coletados na superfície da pele que os recobre. Existe também a eletromiografia de profundidade, em que eletrodos em forma de agulha ou de fio são inseridos no interior do músculo em estudo para avaliar a ativação de um pequeno grupo de fibras musculares. Diferentemente da eletromiografia de superfície, nela o sinal eletromiográfico representa a soma espacial de todos os potenciais de ação das unidades motoras localizadas abaixo do ponto de colocação dos eletrodos usados para captar esse sinal elétrico dos músculos.

Para captar e garantir um sinal de excelente qualidade e que verdadeiramente represente o fenômeno que se quer estudar, são necessários diversos passos metodológicos. Portanto, apesar de sua aparente simplicidade, a eletromiografia de superfície apresenta uma complexidade muito grande, motivo dos diversos estudos realizados com essa técnica. Se pesquisarmos no banco de dados PubMed a expressão *surface electromyography*, mais de 72 mil artigos aparecem como resultado, o que revela ser essa uma das técnicas mais utilizadas (se não a mais utilizada) na busca da compreensão dos mecanismos de funcionamento de nosso sistema de movimento. Mas apesar do grande número de trabalhos científicos publicados, ainda estamos longe de compreender tudo o que envolve essa técnica de avaliação.

Esta obra foi elaborada pelos autores com base em suas vivências, ao longo de muitos anos de estudo, para tentar entender a complexidade do tema. Mas seu objetivo principal foi trazer um pouco de "luz" para aqueles estudantes que gostariam de iniciar o uso dessa técnica de pesquisa da área da Biomecânica. Tornar o conhecimento científico acessível aos que nos cercam é a verdadeira tarefa de um professor. A profissão de docente infelizmente não é uma das mais reconhecidas ou valorizadas por nossa sociedade, mas é, no meu entender, a mola mestra do processo evolutivo dos seres humanos. Foi pela sistematização do conhecimento adquirido e de sua transmissão para as novas gerações que atingimos o desenvolvimento

científico e tecnológico, o que nos permitiu, por exemplo, chegar à Lua, enviar sondas para os confins do universo, captar sinais desse universo que nos cerca e do qual fazemos parte, tanto em seus aspectos microscópicos quanto macroscópicos. Tornamo-nos seres capazes de moldar nosso universo e de entender um pouco de nossa humanidade. Portanto, debruçar-se sobre um conhecimento científico e torná-lo acessível aos iniciantes é uma tarefa nobre, de verdadeiros professores.

Fiquei muito feliz com o convite dos autores para escrever o Prefácio deste livro, pois dois dos três autores foram meus alunos, e não há maior alegria para um professor do que ver seus estudantes sendo bem-sucedidos em uma área à qual foram por ele apresentados, há muitos anos. Há mais de 30 anos trabalho com a eletromiografia de superfície, e, ao longo desse tempo, poucos foram os livros produzidos com essa temática em solo brasileiro e por professores universitários. Em função disso, esta obra ocupa um lugar acadêmico importante e vem se somar ao conhecimento da área. Apresentada de forma didática, de fácil compreensão, tem o objetivo de capacitar mais profissionais para o uso dessa técnica de pesquisa tão envolvente.

O livro, conforme indicado em sua Introdução, é constituído de três capítulos, que abrangem desde os conceitos básicos a que me referi anteriormente sobre o sistema neuromuscular, passando pelos passos metodológicos que antecedem uma coleta de sinais eletromiográficos, até chegar ao momento da coleta de dados e ao momento final de transformar os sinais analógicos em sinais digitais, a fim de que sejam processados matematicamente, gerando os valores utilizados para quantificar esses sinais eletroquímicos. Ao longo dos capítulos, imagens são apresentadas com o objetivo de tornar cada uma dessas etapas acessível e de fácil entendimento por parte dos leitores.

Ao mesmo tempo que parabenizo os autores pela ousadia em elaborar esta obra de fácil manuseio e compreensão, desejo sucesso em suas carreiras acadêmicas como professores. Que este livro seja apenas o início de uma caminhada e que ele possa ser aprimorado com o passar dos anos e com as novas experiências adquiridas em suas respectivas jornadas acadêmicas. Que essa eletricidade que nos move e que gera movimento



possa movê-los no rumo certo, possibilitando-lhes também a compreensão de que não devemos perder a perspectiva de novas aprendizagens. Somos muito pequenos neste vasto universo. Mas, apesar de pequenos, também somos esses seres fantásticos que desenvolveram a capacidade de compreensão de si mesmos – seres complexos, mas, ao mesmo tempo, simples seres humanos movidos a eletricidade.

Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz¹

¹ Doutor em Cinesiologia e pós-doutor em Biomecânica Musculoesquelética pela Universidade de Calgary (Canadá). Licenciado em Educação Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), professor titular da Escola de Educação Física (UFRGS) e do Programa em Ciências do Movimento Humano da ESEF-UFRGS. Presidente da Sociedade Brasileira de Biomecânica, membro do Conselho Executivo da Sociedade Internacional de Biomecânica e do Conselho Mundial de Biomecânica.

SOBRE OS AUTORES



Eduardo Mendonça Scheeren

Graduado em Educação Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), mestre em Ciências do Movimento Humano pela UFRGS e doutor em Engenharia Biomédica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Professor adjunto do curso de Graduação em Educação Física e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde (*stricto sensu*), na linha de pesquisa em Bioengenharia, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

Eddy Krueger

Graduado em Fisioterapia, mestre e doutor em Engenharia Biomédica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), na linha de pesquisa em Engenharia de Reabilitação. Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (*stricto sensu*), na linha de pesquisa em Engenharia Biomédica e Instrumentação da UTFPR. Professor do departamento de Anatomia da Universidade Estadual de Londrina.

Cíntia de la Rocha Freitas

Graduada em Educação Física pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), especializada em Ciências e Medicina do Esporte pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), mestre e doutora em Ciências do Movimento Humano pela UFRGS, com período de doutorado sanduíche na Universidade de Calgary (Canadá). Professora adjunta do curso de Graduação em Educação Física e do Programa de Pós-Graduação em Educação Física (*stricto sensu*), na linha de pesquisa em Biodinâmica do Desempenho Humano, no Departamento de Educação Física do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).



Felipe é um fisioterapeuta que recebeu a proposta de uma clínica para operar um equipamento de eletromiografia (EMG). Cláudia é uma aluna de Educação Física que quer compreender os efeitos da fadiga muscular em ciclistas utilizando EMG. Ricardo é um engenheiro que gostaria de se aprofundar na bioengenharia utilizando EMG. Colegas de clínica, Daniela (fonoaudióloga) e Marina (odontóloga) leram um artigo que dizia que a utilização da EMG é recente na área e auxilia o diagnóstico de distúrbios motores, como alterações de deglutição, mastigação e fala.

O que todos têm comum? A possibilidade de explorarem novos horizontes e crescerem em suas carreiras com a utilização da EMG.

Dividido em três capítulos, com ilustrações e sugestões de atividades práticas, o livro conduz o leitor a um entendimento efetivo sobre o tema, desmistificando a utilização da EMG e permitindo usufruir das valiosas informações que a técnica pode oferecer.

PUCPRESS 



ISBN 978-85-68324-07-3

