

AVALIAÇÃO DA CO-CONTRAÇÃO MUSCULAR DE UM INDIVÍDUO COM AMPUTAÇÃO DE MEMBRO SUPERIOR DURANTE CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA

A. P. B. B. Arantes*, C. M. M. Queiroz*, E. A. de Oliveira* e A. O. Andrade*

*Universidade Federal de Uberlândia, Engenharia Biomédica, Uberlândia, Brasil.
e-mail: anapbba@gmail.com

Resumo: O objetivo deste estudo de caso é a avaliação da co-ativação das musculaturas de um voluntário com amputação acima da articulação do cotovelo para melhor entendimento e auxílio em um projeto futuro de desenvolvimento e avaliação de uma estratégia de controle para próteses mioelétricas. Para isso, foi recrutado um indivíduo, do sexo masculino, de 53 anos, que apresentava uma amputação acima da articulação do cotovelo. O indivíduo executou três atividades diferentes, com a finalidade de isolar grupos musculares, durante a realização de contração muscular isométrica. O sinal coletado foi processado através de filtragem, estimativa da envoltória, e delimitação de cada início e fim da ativação muscular. Os resultados mostraram que o indivíduo apresentou bastante co-contração de outras musculaturas durante a realização das três atividades. Avaliando o sinal coletado podemos concluir que o voluntário gerou um padrão de uso dessas três musculaturas e não existiu quase nenhum recrutamento muscular isolado.

Palavras-chave: Eletromiografia, amputação, co-ativação muscular.

Abstract: *The aim of this pilot study is to evaluate the co-activation of selected muscles of a volunteer with amputation above the elbow joint for better understanding and support in a future project of development and evaluation of a control strategy for myoelectric prosthetic control. For this, we selected a male individual, 53 years old, who presented an amputation above the elbow joint. The individual was required to perform three different activities with the purpose of isolating muscular groups during isometric contraction. The collected signal was processed by, filtering, the estimate of its envelope and delimitation of the beginning and end of each muscle activation. The results showed that the subject had enough co-contraction of other musculature during the execution of the three activities. We can conclude that the volunteer has generated a pattern of use of these three musculatures and there was almost no isolated muscle recruitment.*

Keywords: *Electromyography, amputation, muscular co-activation.*

Introdução

Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas em relação ao controle de próteses mioelétricas. Esses dispositivos podem beneficiar várias pessoas, que sofreram algum

tipo de amputação, por meio do desenvolvimento de técnicas que são utilizadas para identificar uma grande variedade de comandos do usuário para controlar articulações de uma prótese, como por exemplo, punhos e dedos. Porém, uma das grandes dificuldades de classificação de características dos sinais é a múltipla ativação de músculos na vizinhança da musculatura a ser avaliada, gerando assim um fenômeno chamado *crossalking* [1]. Esse problema fica ainda maior em musculaturas com baixa força de contração, o que ocorre muitas vezes no caso de pessoas que possuem amputação.

Portanto, para se desenvolver uma boa estratégia de controle para próteses mioelétricas é necessário entender inicialmente o funcionamento da musculatura que será utilizada nesse controle. Um usuário com amputação logo acima da articulação do cotovelo apresenta uma ativação da musculatura diferente de uma pessoa sem nenhuma amputação. A característica desse sinal dependerá não só apenas do nível de amputação, mas também do quanto essa musculatura é ativada pelo paciente no seu dia a dia, pois quando ocorre uma amputação o paciente sofre uma grande alteração do potencial funcional do músculo esquelético [2]. Além disso, cada paciente apresenta uma característica individual tanto da morfologia da musculatura quanto da forma de ativação da mesma. Portanto faz-se necessário uma avaliação preliminar de cada sujeito individualmente.

A co-contração muscular é caracterizada pela contração simultânea de dois ou mais músculos em torno de uma articulação [3]. As medidas de co-contração têm sido bastante utilizadas para avaliar a coordenação motora, o estágio de aprendizado motor e o grau de estabilidade articular dinâmico [4]. Pelo fato da mensuração da co-contração muscular apresentar vasta aplicabilidade, esta tem sido usada em diversas áreas como, no caso desse estudo, no qual a co-contração será avaliada na musculatura de um coto. O coto é o nome dado ao membro residual após a amputação e é considerado um novo membro sendo responsável, por exemplo, pelo controle de uma prótese mioelétrica [2].

Existem vários métodos e técnicas de avaliação da co-contração muscular [4]. Neste artigo iremos utilizar a eletromiografia de superfície (sEMG). Os parâmetros de comparação serão o tempo inicial de ativação, e a amplitude do sinal, durante a realização de três atividades diferentes.

Materiais e métodos

Este estudo de caso foi realizado com um voluntário que apresentava uma amputação acima da articulação do cotovelo. Tanto o sujeito de pesquisa quanto os pesquisadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Posteriormente foi realizada a coleta do sinal sEMG utilizando a plataforma RHD2000 (Intan Technologies, EUA) com eletrodos de superfície bipolares passivos. Os eletrodos escolhidos para esse projeto foram eletrodos cujo material é de estanho de 8,0 mm de diâmetro como mostrado na Figura 1.



Figura 1: Eletrodo de estanho de 8,0 mm de diâmetro.

Os eletrodos foram posicionados sobre a musculatura do bíceps, deltoide e tríceps. Cada par de eletrodos apresentava uma distância de 2,0 cm entre eles. Durante a coleta foi solicitado ao voluntário que realizasse três diferentes atividades de forma a ativar isoladamente cada um dos músculos avaliados. Para cada atividade foi solicitado que o voluntário realizasse contração isométrica, repetindo a mesma por cinco vezes, com duração de cinco segundos cada, e com intervalo de cinco segundos entre cada ativação muscular. Foi feita a aquisição do sinal continuamente durante todas as atividades, inclusive durante os intervalos entre uma atividade e outra.

Após a coleta do sinal sEMG, foi utilizada a ferramenta Matlab para processá-lo. Inicialmente, o procedimento para processar o sinal foi a aplicação de um filtro baseado na técnica EMD (*Empirical Mode Decomposition*) [5]. O diferencial deste filtro é que o mesmo utiliza uma nova técnica de processamento digital dos sinais que pode decompor qualquer série temporal em um conjunto de funções designadas como de funções designadas como IMF. O resultado da utilização desse filtro é mostrado nas Figuras 2 e 3 no qual podemos visualizar o sinal do tríceps bruto e filtrado respectivamente.

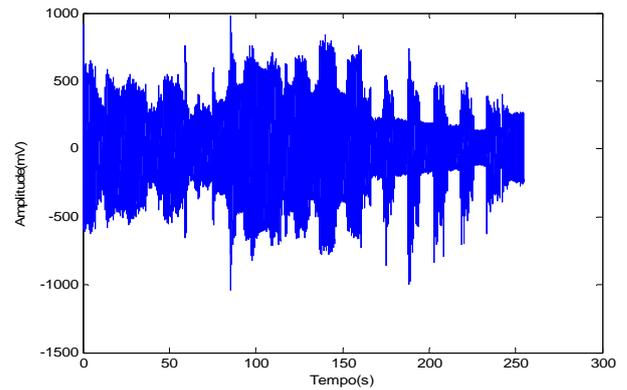


Figura 2: Sinal sEMG bruto do músculo tríceps.

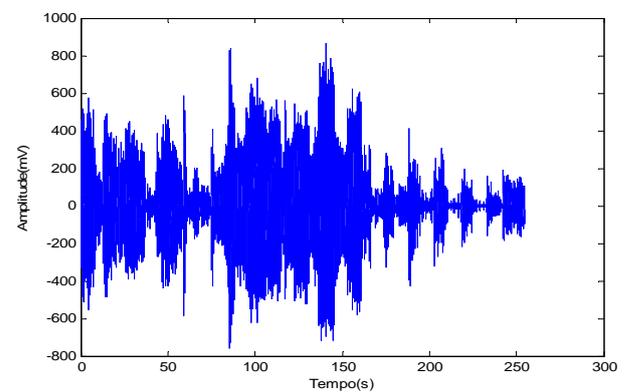


Figura 3: Sinal sEMG filtrado do músculo tríceps.

Para identificação das áreas de atividade muscular empregou-se a mesma metodologia utilizada por Andrade [6]. O método basicamente estima a envoltória do sinal e determina o início e fim de cada região de atividade muscular, comparando o valor da envoltória do sinal sEMG com um limiar estimado em uma janela de ruído. A envoltória neste método é estimada tomando-se a parte real da transformada de Hilbert do sinal sEMG filtrado. Podemos ver na Figura 4, o resultado da utilização desta ferramenta onde a cor azul representa a envoltória do sinal sEMG. Já a linha na cor verde, representa a amplitude máxima do sinal em relação ao tempo.

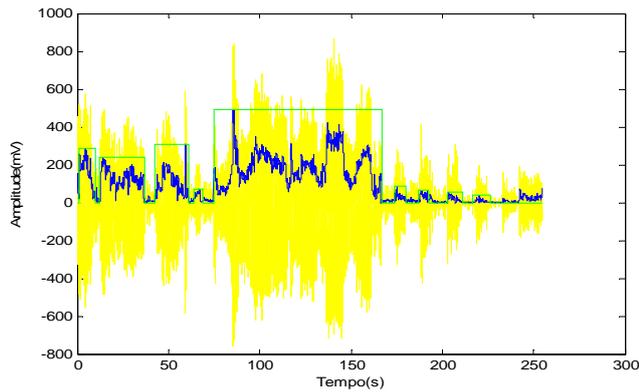


Figura 4: Sinal sEMG do tríceps filtrado em amarelo, sua envoltória, em azul, e sua amplitude máxima em relação ao tempo, em verde.

Resultados

A Tabela 1 exibe uma sequência temporal ordenada da ativação muscular durante as três atividades. Durante a atividade 1, por exemplo, em que foi solicitado que o voluntário fizesse uma contração isométrica na região do bíceps, podemos observar que o primeiro e segundo músculos que apresentaram alguma atividade muscular foram deltoide e tríceps, respectivamente, e só após isso foi detectado atividade muscular no bíceps. Além disso, a tabela apresenta também o intervalo de tempo entre o início da atividade muscular de cada músculo.

Tabela 1: Classificação da contração dos três músculos em relação ao tempo.

Atividade	Nome do músculo	Tempo de ativação inicial (s)	Δt (s)
Atividade 1	Deltoide	0,5558	-
Atividade 1	Tríceps	0,7932	0,2374
Atividade 1	Bíceps	6,4366	5,6434
Atividade 1	Tríceps	12,4260	5,9894
Atividade 1	Bíceps	20,2734	7,8474
Atividade 1	Deltoide	20,3206	0,0472
Atividade 1	Deltoide	33,5224	13,2018
Atividade 1	Bíceps	36,1520	2,6296
Atividade 1	Tríceps	42,6496	6,4976
Atividade 1	Deltoide	51,1360	8,4864
Atividade 1	Bíceps	51,2572	0,1212
Atividade 1	Tríceps	63,7274	12,4702
Atividade 1	Bíceps	66,6056	2,8782
Atividade 1	Deltoide	66,9856	0,3800
Atividade 2	Tríceps	74,7282	7,7426
Atividade 2	Bíceps	133,9800	59,2518
Atividade 2	Bíceps	160,5528	26,5728
Atividade 3	Tríceps	173,8232	13,2704

Atividade 3	Tríceps	187,0506	13,2274
Atividade 3	Tríceps	202,5434	15,4928
Atividade 3	Tríceps	216,7686	14,2252
Atividade 3	Deltoide	218,9224	2,1538

As Figuras 5 (a), (b) e (c) mostram a coleta do sinal do deltoide, tríceps e bíceps respectivamente e suas amplitudes máxima durante cada período de ativação muscular em relação ao tempo. Podemos observar nestes gráficos um padrão de recrutamento destas três musculaturas, como por exemplo, durante a ativação da musculatura do deltoide, que ocorre durante a atividade 2, começando por volta de 74 s, no qual a musculatura do tríceps também se mantém contraído durante todo o processo e observa-se pouca ativação muscular do bíceps. Já quando é solicitado ao voluntário que ative a muscular do tríceps apenas, podemos observar pouca ativação tanto na musculatura do deltoide quanto do bíceps.

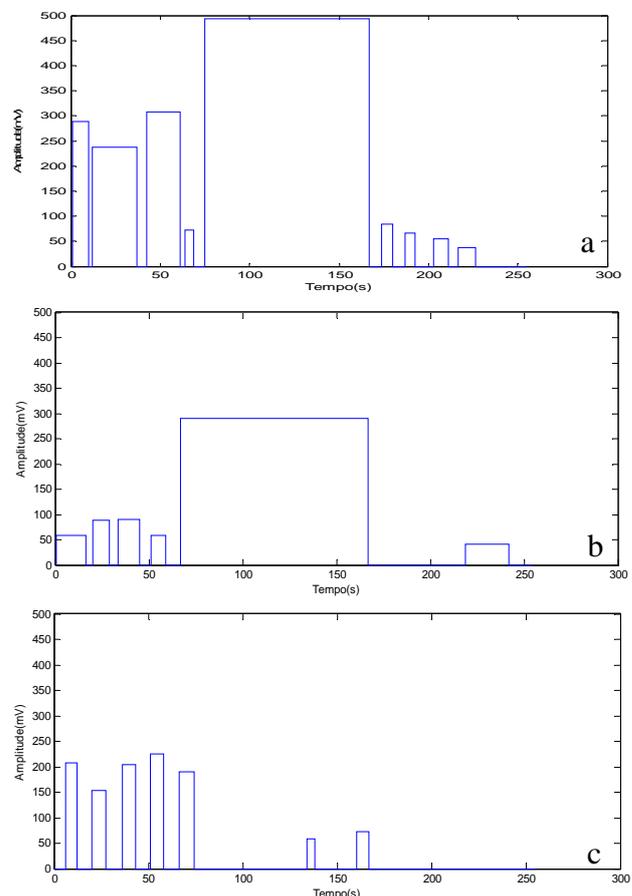


Figura 5: Gráfico da amplitude máxima do sinal em relação ao tempo do: (a) Deltoide, (b) Tríceps e (c) Bíceps.

Discussão

O objetivo deste trabalho foi fazer uma avaliação da co-contração das musculaturas do bíceps, tríceps e deltoide de um indivíduo com amputação acima da articulação do cotovelo para, em um trabalho futuro, desenvolver uma estratégia de controle de prótese mioelétrica.

Podemos observar que já existem vários estudos de avaliação da co-contracção muscular, como por exemplo, Fonseca *et al.* [4] que analisa um método eletromiográfico para quantificação temporal da co-contracção muscular. Outros estudos como o de desenvolvimento de um sistema de controle para próteses mioelétricas em tempo real, mostra que os métodos utilizados na classificação do sinal sEMG não conseguem identificar múltipla ativação muscular, o que é um grande empecilho no desenvolvimento de uma estratégia de controle.

No caso deste trabalho, nós conseguimos observar que o voluntário teve um padrão de uso e recrutamento da musculatura, não apresentando quase nenhuma ativação muscular isolada, o que é uma informação de suma importância para os próximos passos de desenvolvimento de uma boa estratégia de controle.

Conclusão

Esta pesquisa, ainda em estágio inicial, mostrou que o problema da co-contracção muscular deve ser considerado para o desenvolvimento de um sistema prático e robusto de reconhecimento de padrões da atividade mioelétrica. Os resultados obtidos a partir da avaliação de um único indivíduo, executando diferentes atividades, demonstrou um padrão de recrutamento dos músculos estudados.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro concedido pelas seguintes agências governamentais: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Referências

- [1] SOLOMONOW M.; BARATTA R.; BERNARDI M.; ZHOU B.; LU Y.; ZHU M.; ACIERNO S. Surface and Wire EMG Crasstalk in Neighbouring Muscle. Bioengineering Laboratory, Department of Orthopaedic Surgery, State University Medical Center, **Journal of Electromyography and Kinesiology**. Lousiana, New Orleans, LA 70112, U.S.A., V. 4, I 3, p.131-142, 2013.
- [2] PASTRE, C. M.; SALIONI, J. F.; OLIVEIRA, B. A. F.; MICHELOTTO, M.; JÚNIOR, J. N. Fisioterapia e amputação transtibial. **Arq. Ciênc. Saúde**, 2005 abr./jun. 12(2): pp. 120-24.
- [3] CANDOTTI, C. T.; CARVALHO, K. V. de; LA TORRE, M.; NOLL, M.; VARELA, M. Ativação e co-contracção dos músculos gastrocnêmio e tibial anterior na marcha de mulheres utilizando diferentes alturas de saltos. **Rev. Bras. Ciênc. Esporte, Florianópolis**, v. 34, n. 1, p. 27-39, jan./mar. 2012.
- [4] FONSECA, S. T.; SILVA, P. L. P.; OCARINO, J. M.; URSINE, P. G. S. Análise de um método eletromiográfico para quantificação de contracção muscular. **Rev. Bras. Ciênc. e Mov.**, Brasília v. 9, n. 3 p. 23-30, julho 2001.
- [5] ANDRADE, A. O.; NASUTO, S.; KYBERD, P.; SWEENEY-REED, C. M.; VAN KANIJN, F.R. EMG signal filtering based on Empirical Mode Decomposition. **Biomedical Signal Processing and Control**, V. 1, p. 44–55, janeiro 2006.
- [6] ANDRADE, A. O.; NASUTO, S.; KYBERD, P.; "Extraction of motor unit action potentials from electromyographic signals through generative topographic mapping," **Journal of the Franklin Institute**, vol. 344, pp. 154-179, maio 2007.