

UNIDADES MOTORAS DO MÚSCULO VASTO MEDIAL: IDENTIFICAÇÃO E REPRESENTAÇÃO REGIONAL EM EMGs DE SUPERFÍCIE

H. V. Cabral, Programa de Engenharia Biomédica (PEB) - COPPE/UFRJ, heliocabral@gmail.com
R. G. T. Mello, Departamento de Educação Física e Esportes (DEFE) - Escola Naval/Marinha do Brasil;
Programa de Engenharia Biomédica (PEB) - COPPE/UFRJ, rogerbiomec@gmail.com
T. M. M. Vieira, Laboratorio di Ingegneria del Sistema Neuromuscolare (LISiN), Politecnico di Torino - Italy;
Escola de Educação Física e Desportos (EEFD) - UFRJ, taian.vieira@polito.it
L. F. Oliveira, Programa de Engenharia Biomédica (PEB) - COPPE/UFRJ; Escola de Educação Física e
Desportos (EEFD) - UFRJ, liliam.oliva@gmail.com

Resumo. Os músculos vasto medial (VM) e vasto lateral atuam no alinhamento do trajeto da patela durante a extensão do joelho. O VM apresenta duas porções com diferentes orientações de fibras, o que tem implicação na direção do vetor força aplicado sobre a patela. Não está esclarecido se o recrutamento e a organização de unidades motoras neste músculo estão associados à diferentes funções. O objetivo do presente trabalho foi investigar a distribuição espacial de potenciais de ação de diferentes unidades motoras do VM, com a técnica de eletromiografia de alta densidade. Uma matriz de 64 eletrodos foi posicionada sobre o VM de um indivíduo jovem e saudável. A aquisição dos sinais foi feita em configuração monopolar durante uma contração isométrica de extensão de joelho em 10% do torque máximo medido por um dinamômetro. Um algoritmo de decomposição foi capaz de identificar quatro unidades motoras, uma localizada na região distal, duas distribuídas ao longo do músculo e outra na região proximal. Foi possível demonstrar a regionalidade da ativação ao longo do eixo longitudinal do VM. Este achado pode ter importantes implicações no estudo dos mecanismos patológicos de desalinhamento da patela.

Palavras chave: unidades motoras, vasto medial, eletromiografia de alta densidade.

1. INTRODUÇÃO

A eletromiografia de superfície vem sendo utilizada em diversas aplicações no campo da pesquisa e clínico (Rainoldi *et al.*, 2004), para uma análise global da atividade muscular. Com o avanço da técnica, como a eletromiografia de alta densidade, algumas de suas aplicações vem sendo aprimoradas (Farina *et al.*, 2003; Merletti *et al.*, 2003) como a descrição da distribuição espacial dos potenciais elétricos durante a contração muscular (Farina *et al.*, 2008).

Esse método vem sendo amplamente estudado em diversos grupamentos musculares e já foi mostrado que a distribuição espacial da amplitude dos eletromiogramas é não homogênea, o que sugere uma heterogeneidade tanto na distribuição das unidades motoras dentro do músculo como no recrutamento dessas (Holtermann *et al.*, 2005). Vieira *et al.* (2009) observaram padrões de ativação individual nos músculos gastrocnêmio medial e lateral durante a execução de balanços para a frente, partindo da posição ereta. Holtermann e Roeleveld (2006) observaram que, durante contração sustentada, a distribuição espacial dos potenciais elétricos do músculo trapézio superior variava ao longo do tempo consistentemente com o recrutamento ordenado de unidades motoras (UMs). Watanabe *et al.* (2012) constataram uma distribuição regional no músculo reto femoral explicada por diferenças na arquitetura muscular da parte proximal e distal desse músculo, e por uma estratégia de recrutamento de UMs.

Essa estratégia de recrutamento pode refletir na compartimentalização do músculo, o que parece ser conveniente em músculos com funções biomecânicas diversificadas (Farina *et al.*, 2008). Portanto, tem sido observado que a atividade regional está relacionada com características anatômicas e funcionais (Farina *et al.*, 2008). A literatura sugere que o vasto medial (VM) é um desses músculos com diferentes funções biomecânicas (Rainoldi *et al.*, 2008). Há evidências que indicam que o VM é subdividido em uma porção proximal, o vasto medial longo (VML), e uma distal, o vasto medial oblíquo (VMO) (Lieb e Perry, 1968; Hubbard, 1997).

Lieb e Perry (1968) sugeriram, pela primeira vez, que devido ao diferente alinhamento das fibras dessas distintas partes do VM, estas teriam diferentes funções: o VMO, com fibras mais transversais, teria maior contribuição no alinhamento patelar e o VML, com fibras mais longitudinais, estaria mais relacionado com a extensão de joelho. Hubbard *et al.* (1997) corroboraram com essa ideia de que o VM seria dividido em porções com funções biomecânicas distintas. Porém esses estudos foram realizados utilizando somente observação de cadáveres e anatomia palpatória.

O entendimento das características da distribuição espacial do músculo vasto medial pode contribuir para o melhor entendimento das características funcionais desse músculo. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi identificar diferentes unidades motoras do músculo vasto medial e representá-las regionalmente, utilizando a técnica de eletromiografia de alta densidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Amostra

Participou como voluntário para este trabalho um adulto jovem e saudável do sexo masculino (29 anos; 79 kg; 1,66 m). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (CEP/HUCFF, nº 127/13) e, previamente ao início dos testes, o voluntário realizou a leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido.

2.2. Protocolo do teste

Inicialmente o voluntário foi posicionado sentado em um dinamômetro isocinético (Biodex, EUA), com o joelho direito em posição de 90° e o quadril posicionado na mesma angulação. O tronco e a coxa direita foram fixados à cadeira e a perna direita foi fixada à alavanca do dinamômetro por correias com velcro. O eixo do dinamômetro foi alinhado com o centro articular do joelho. Então, foi realizada uma contração isométrica voluntária máxima com estímulo verbal por 10 s para registrar o torque máximo de extensão do joelho. Após 5 min, o voluntário realizou uma contração isométrica de extensão do joelho correspondente a 10% do torque máximo durante 60 s, com retroalimentação visual na tela do dinamômetro. Esse nível de força foi selecionado para evitar *crosstalk* e facilitar a identificação de UMs uma vez que, em maiores intensidades, o número de UMs recrutadas é maior, resultando em sinal mais interferente e, portanto, com maior dificuldade para identificação de spikes de UMs.

2.3. Eletromiografia de alta densidade

A eletromiografia de superfície foi registrada de forma monopolar com uma matriz de 64 eletrodos circulares (distância intereletrodo 8 mm; OTBioelettronica, Itália). Conforme a Figura 1, as colunas da matriz foram alinhadas paralelamente ao eixo longitudinal do VM direito e o vértice inferior lateral da matriz ficou posicionado sobre a margem medial superior da patela.

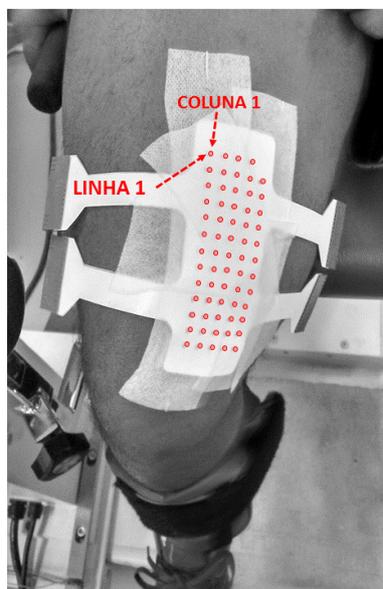


Figura 1. Posicionamento da matriz de eletrodos

A pele foi previamente preparada por raspagem e limpeza com pasta abrasiva e o eletrodo de referência foi posicionado no punho direito. Os eletromiogramas foram amplificados com ganho 1000 por um amplificador EMG-USB2 com largura de banda 10-500 Hz (OTBioelettronica, Itália) e amostrados em 2048 amostras/s por um conversor A/D de 12 bits.

2.4. Análise dos dados

Inicialmente, foi feito o mapeamento dos eletrodos da matriz para que os canais fossem visualizados corretamente. Os 40 s centrais dos eletromiogramas foram selecionados para a análise. Os sinais foram filtrados nos sentidos direto e reverso por um filtro passa-banda digital Butterworth de 4ª ordem com frequências de corte 20 e 350 Hz, para atenuar possíveis artefatos de movimento e ruídos de alta frequência.

A decomposição dos eletromiogramas em sinais de unidades motoras foi realizada utilizando um procedimento automático validado por Holobar e Zalula (2004), o qual fornece os instantes de disparo de cada unidade motora. Esse algoritmo realiza uma detecção de padrões canal a canal (Holobar e Zalula, 2004). Cada padrão encontrado caracteriza uma unidade motora diferente e o número de vezes que esta apareceu caracteriza o número de disparos da UM. A partir dos instantes de disparo, uma forma de onda característica de potencial de ação foi obtida por meio da técnica de média coerente sincronizada pelos *spikes*. Assim, cada potencial de ação é resultado da média de potenciais detectados para vários disparos. Os eletromiogramas foram então sincronizados e promediados com uma janela de 30 ms centrada em cada disparo. É importante destacar que, nesse caso, o potencial considerado é claramente identificado, mesmo que o EMG apresente níveis razoáveis de ruído

3. RESULTADOS

O algoritmo de decomposição detectou quatro unidades motoras. A seguir estão representadas as propagações dos potenciais de ação das unidades motoras #1 (Fig. 2), na região mais distal do VM, e #4 (Fig. 3), mais proximal.

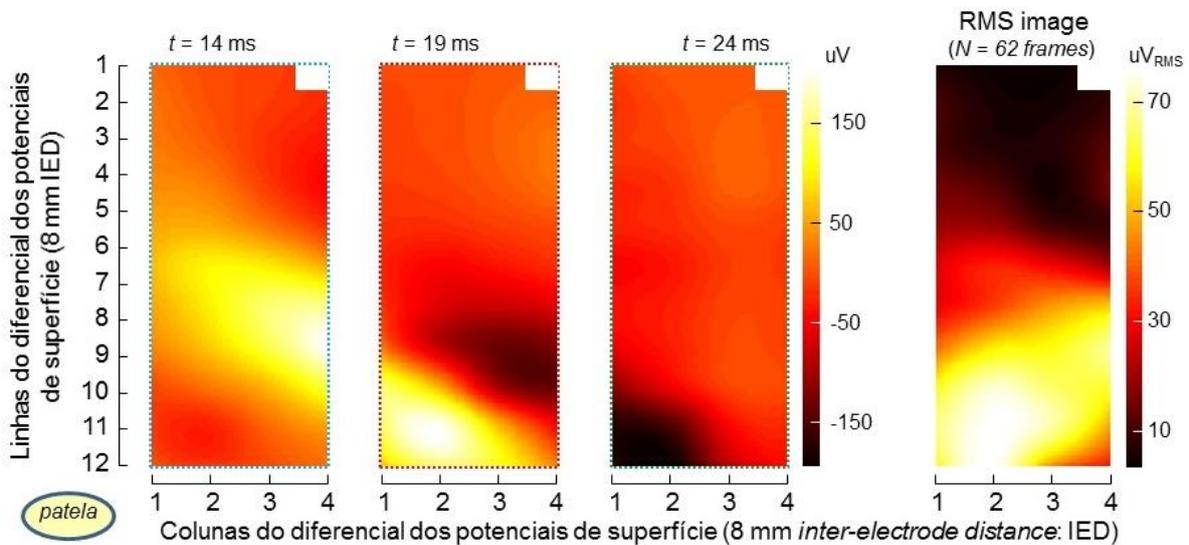


Figura 2: Propagação dos potenciais de ação da unidade motora #1 em 3 frames (N = 246 disparos)

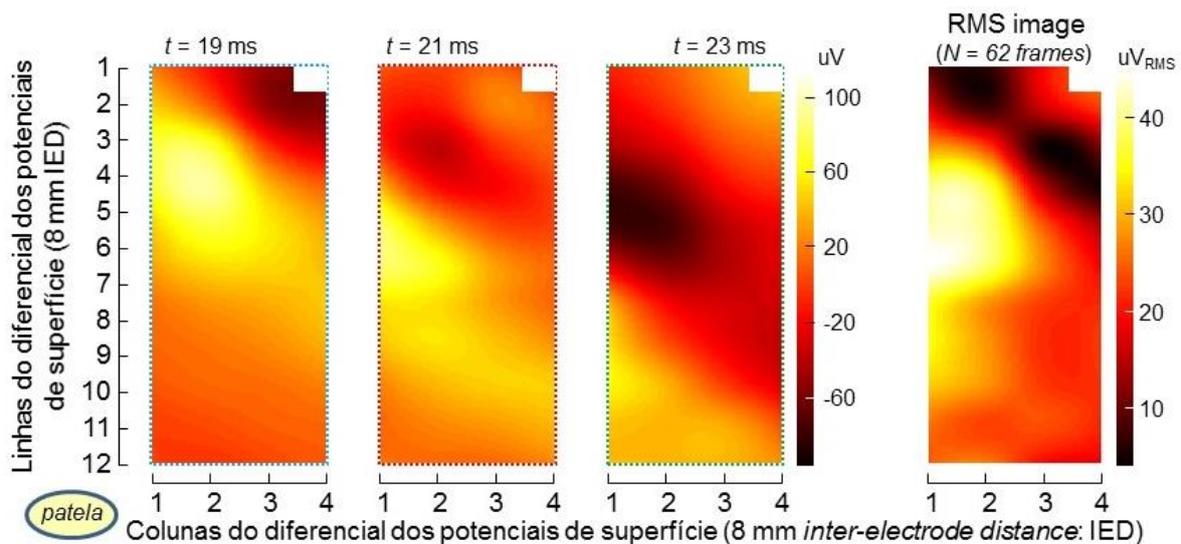


Figura 3: Propagação dos potenciais de ação da unidade motora #4 em 3 frames (N = 126 disparos)

4. DISCUSSÃO

Foi observada uma distribuição regional das unidades motoras no VM. Das quatro unidades motoras observadas, uma estava localizada na região mais distal, duas apresentaram-se distribuídas ao longo de todo o músculo e uma na região

mais proximal. O algoritmo de decomposição utilizado foi validado para músculos de diferentes arquiteturas (Holobar *et al.*, 2010) e representa efetivamente potenciais de ação de UMs decompostas.

Rainoldi *et al.* (2008) compararam os valores iniciais e as taxas de mudança de variáveis como o valor médio retificado, a frequência média e a velocidade de condução dos eletromiogramas do vasto lateral (VL), VMO e VML, e encontraram diferenças significativas. Essas foram explicadas, em sua maioria, pelos diferentes tipos de fibras encontradas nas três porções musculares (Rainoldi *et al.*, 2008). Hedayatpour *et al.* (2008) encontraram resultados semelhantes ao compararem os eletromiogramas do VL e VM. O mesmo estudo sugeriu que esses músculos contribuem de maneira diferente para a orientação do vetor força aplicado na patela, explicando as diferenças encontradas. Porém não foi considerada a divisão do VM em duas porções.

Portanto, a literatura corrobora a hipótese de que o recrutamento de diferentes unidades motoras estaria associado a tarefas específicas em um mesmo músculo. Assim sendo, as características anatômicas e fisiológicas do músculo VM podem ter implicações diretas nas características funcionais desse músculo, o que será investigado em futuros estudos correlacionando a distribuição espacial da ativação do VM com diferentes tarefas motoras.

5. CONCLUSÃO

Foi possível identificar diferentes UMs e representá-las regionalmente no músculo vasto medial durante a tarefa de contração isométrica de extensão de joelho de baixa intensidade, em um indivíduo jovem, com a técnica da eletromiografia de alta densidade. O significado funcional desta distribuição de ativação será investigado em estudos com maior número de indivíduos envolvendo diferentes tarefas motoras.

6. REFERÊNCIAS

- FARINA, D., GAZZONI, M., MERLETTI, R. Assessment of low back muscle fatigue by surface EMG signal analysis: methodological aspects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 13, pp. 319-332, 2003.
- FARINA, D., LECLERC, F., ARENDT-NIELSEN, L., BUTTELLI, O., MADELEINE, P. The change in spatial distribution of upper trapezius muscle activity is correlated to contraction duration. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 18, pp. 16–25, 2008.
- GARCIA, M. A. C., VIEIRA, T. M. M. Surface electromyography: Why, when and how to use it. *Rev Andal Med Deporte*, v. 4, n. 11, pp. 17-28, 2011.
- HEDAYATPOUR, N., ARENDT-NIELSEN, L., FARINA, D. Non uniform electromyographic activity during fatigue and recovery of the vastus medialis and lateralis muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 18, pp. 390-396, 2008.
- HOLOBAR, A., MINETTO, M. A., BOTTER, A., NEGRO, F., FARINA, D. Experimental analysis of accuracy in the identification of motor unit spike trains from high density surface EMG. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, v. 18, pp. 221-229, 2010.
- HOLOBAR, A., ZAZULA, D. Correlation-based decomposition of surface electromyograms at low contraction forces. *Medical & Biological Engineering & Computing*, v. 42, pp. 487–495, 2004.
- HOLTERMANN, A., ROELEVELD, K. Global muscle activation in sustained contractions. *Acta Physiol (Oxf)*, v. 186, pp. 159–168, 2006.
- HOLTERMANN, A., ROELEVELD, K., KARLSSON, J. S. In homogeneities in muscle activation reveal motor unit recruitment. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 15, pp. 131–137, 2005.
- HUBBARD, J. K., SAMPSON, H. W., ELLEDGE, J. R. Prevalence and morphology of the vastus medialis oblique muscle in human cadavers. *Anat Rec*, v. 249, n. 1, pp. 135–142, 1997.
- LIEB, F. J., PERRY, J. Quadriceps function. An anatomical and mechanical study using amputated limbs. *J Bone Joint Surg Am*, v. 50, n. 8, pp. 1535–1548, 1968.
- MERLETTI, R., FARINA, D., GAZZONI, M. The linear electrode array: a useful tool with many applications. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 13, pp. 37–47, 2003.

RAINOLDI, A., FALLA, D., MELLOR, R., BENNELL, K., HODGES, P. Myoelectric manifestations of fatigue in vastus lateralis, medialis obliquus and medialis longus muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 18, pp. 1032–1037, 2008.

RAINOLDI, A., MELCHIORRI, G., CARUSO, I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 134, pp. 37-43, 2004.

VIEIRA, T. M. M., WINDHORST, U., MERLETTI, R. Is the stabilization of quiet upright stance in humans driven by synchronized modulations of the activity of medial and lateral gastrocnemius muscles? *J Appl Physiol*, v. 108, pp. 85-97, 2010.

WATANABE, K., KOUZAKI, M., MORITANI, T. Task-dependent spatial distribution of neural activation pattern in human rectus femoris muscle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v. 22, pp. 251–258, 2012.

7. AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pelas agências FAPERJ, CNPq e CAPES.

8. ABSTRACT

The vastus medialis (VM) and vastus lateralis muscles act in the patella alignment during the knee extension. The VM shows two portions with different fiber orientations, which indicates some implications on the direction of applied force vector on the patella. It isn't clear if the recruitment and organization of the VM motor units in this muscle could be associated with different functions. The aim of this study was to investigate the spatial distribution of the action potentials from different motor units of the VM with the technique of high-density electromyography. A matrix of 64 electrodes was placed on the VM of a young and healthy individual. The signals were acquired in the monopolar configuration during an isometric knee extension contraction at 10% of the maximum torque measured by a dynamometer. A decomposition algorithm was able to identify four motor units, one located distally, two distributed throughout the muscle and one at the proximal region. It was possible to demonstrate regional activation along the longitudinal axis of the VM. This discovery has important implications in the study of pathological mechanisms of misalignment of the patella.

9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.