

POSICIONAMENTO DOS ELETRODOS NO MÚSCULO QUADRÍCEPS FEMORAL DURANTE A ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

POSITIONING OF THE ELECTRODES IN QUADRICEPS FEMORIS MUSCLE DURING NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION: SYSTEMATIC REVIEW

Caroline Rodrigues Ferreira¹, Livia Panaia Bentes¹, Cristiano Baldan² e Richard Eloin Liebano³

¹ Graduanda do curso de Fisioterapia da Universidade Cidade de São Paulo – Unicid.

² Mestre em Ciências – Fisiopatologia Experimental, pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP, e professor dos cursos de Graduação em Fisioterapia da Universidade Cidade de São Paulo – Unicid, da Universidade Paulista – Unip e do Centro Universitário Capital – Unicapital.

³ Doutor em Ciências, pela Universidade Federal de São Paulo – Unifesp, professor do curso de Graduação e de Mestrado em Fisioterapia da Universidade Cidade de São Paulo – Unicid, professor dos cursos de Graduação em Fisioterapia da Universidade Paulista – Unip e do Centro Universitário Nove de Julho – Uninove.

RESUMO

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) consiste na aplicação de pulsos elétricos para a geração de potenciais de ação neural, tendo como objetivo restaurar, manter ou melhorar a capacidade funcional muscular. O músculo quadríceps femoral é o mais frequentemente submetido à EENM, especialmente em pacientes portadores de osteoartrite de joelho, lesões de ligamento cruzado anterior e pós artroplastia total de joelho. No entanto, não existe consenso em relação ao posicionamento dos eletrodos para a realização desse tipo de estimulação. O presente artigo teve como objetivo a realização de uma revisão sistemática da literatura nas bases de dados *Medline*, *Scielo* e *Lilacs*, a fim de verificar as possíveis formas de posicionamento de eletrodos sobre o músculo quadríceps femoral para a realização da EENM. Foram encontrados 5.765 artigos, sendo que, destes, 26 artigos foram selecionados, porém apenas 14 artigos foram utilizados. Contudo, pôde-se perceber que não há um padrão em relação ao posicionamento de eletrodos para a realização da EENM no músculo quadríceps femoral.

Palavras-chave: estimulação elétrica, músculo quadríceps, eletrodos.

ABSTRACT

The Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) is considered a therapeutic modality involving the application of electrical pulses for the generation of action potentials in nerves having as objective to restore, keep or improve the muscular functional capacity. Quadriceps femoris is the most frequent muscle submitted to NMES, specially in patients with knee osteoarthritis, anterior cruciate ligament ruptures and after total knee arthroplasty. The present article had as objective the accomplishment of a systematic review of literature in the databases *Medline*, *Scielo*, and *Lilacs* in order to verify the possible forms of positioning of electrodes on the quadriceps femoris muscle for the NMES. It was found a total of 5.765 articles, from which 26 were selected and 14 were used. It could be noticed that there isn't a standardization regarding the electrodes position.

Keywords: electric stimulation, quadriceps muscle, electrodes

I. INTRODUÇÃO

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) consiste na estimulação do músculo através do seu nervo periférico intacto, ou seja, que não apresente distúrbios de excitabilidade elétrica, e tem como objetivo restaurar, manter ou melhorar sua capacidade funcional (NELSON, HAYES & CURRIER, 2003). É considerada uma modalidade terapêutica envolvendo a aplicação de pulsos de corrente, para a geração de potenciais de ação neural, os quais produzem uma contração do músculo por meio de eletrodos de superfícies, que são colocados no ponto motor dos músculos de forma indireta, tendo, assim, uma maior contração (MONTENEGRO *et al.*, 2005). Ocorrerá um maior recrutamento de unidades motoras quanto maior a dose aplicada, porém maior será a probabilidade de os pacientes sentirem dor e desconforto (MONTENEGRO *et al.*, 2005).

Estudos mostram que há diferentes maneiras quanto ao posicionamento e tamanho de eletrodos no músculo quadríceps femoral durante a estimulação elétrica neuromuscular. Diversos autores, como Brasileiro & Villar (2000), Lieber *et al.* (1991) e Rooney *et al.* (1992) manifestaram opiniões divergentes quanto ao posicionamento dos eletrodos sobre o músculo quadríceps femoral.

Assim, pode-se perceber que não há um consenso na literatura com relação ao posicionamento de eletrodos. Muitos autores, ao realizarem seus estudos, não citaram a posição, a forma de disposição, o tamanho e o tipo dos eletrodos que foram utilizados. (5-9)

Devido a isto, o presente estudo tem como objetivo a realização de uma revisão sistemática da literatura, a fim de verificar as possíveis formas de posicionamento de eletrodos sobre o músculo quadríceps femoral para a realização da estimulação elétrica neuromuscular.

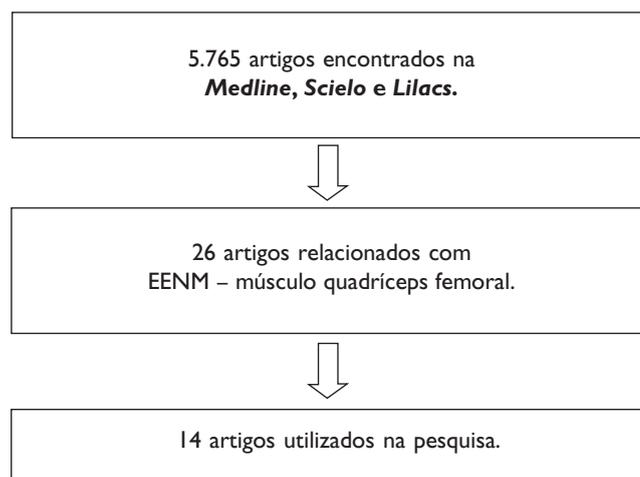
2. MÉTODOS

A busca de artigos sobre estimulação elétrica neuromuscular foi realizada nas bases de dados *Medline*, *Scielo* e *Lilacs*, com as seguintes palavras-chave: *NMES – knee, neuromuscular electrical stimulation – knee, NMES – quadriceps femoris, neuromuscular electrical stimulation – quadriceps femoris, NMES – peak torque, neuromuscular electrical stimulation – peak torque, NMES – muscle strength e neuromuscular electrical stimulation – muscle strength*. Foram selecionados todos os artigos em língua inglesa e portuguesa.

Foram incluídos todos os artigos, sem limite de ano, que citavam a posição dos eletrodos na estimulação elétrica neuromuscular no quadríceps femoral, e foram excluídos aqueles que não abordavam o tema ou a posição dos eletrodos e os que não foram encontrados no Brasil.

3. RESULTADOS

Após a realização da pesquisa, foi encontrado um total de 5.765 artigos; destes, 26 artigos foram selecionados, pois se referiam à estimulação elétrica neuromuscular no músculo quadríceps femoral. Porém, apenas 14 artigos foram utilizados, em razão de descreverem o posicionamento dos eletrodos.



Na Tabela I, segue a descrição dos artigos que foram encontrados e selecionados na revisão sistemática.

Portanto, dos 14 artigos utilizados, 28,6% (n = 4) posicionaram os eletrodos nos músculos reto femoral e vasto medial; outros 28,6% (n = 4) posicionaram-nos nos músculos vasto medial e vasto lateral, sendo que, deste percentual, 7,1% (n = 1) citaram que os eletrodos encontravam-se longitudinalmente nestes músculos; de 14,3% (n = 2) que posicionaram os eletrodos sobre o ponto motor dos músculos vasto medial e vasto lateral, 7,2% (n = 1) acrescentaram-nos nos músculos reto femoral e adutor longo, e os outros 7,2% (n = 1) colocaram o outro eletrodo abaixo do ligamento inguinal; 14,3% (n = 2) posicionaram os eletrodos sobre os músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral; já 7,1% (n = 1) posicionaram-nos longitudinalmente ao trígono femoral e sobre o

Tabela I: Resumos dos artigos encontrados na revisão da literatura

Autor	Objetivo	Tamanho e tipo do eletrodo	Posicionamento dos eletrodos
MONTENEGRO <i>et al.</i> (2005)	Encontrar a melhor maneira de depositar no sistema neuromuscular a maior quantidade de corrente com máximo conforto.	17,5cm ² 25,0cm ²	Quatro colocações * 1ª colocação 1ª canal – cátodo: ventre do m. vasto medial; ânodo: proximal do m. reto femoral. 2ª canal – cátodo: porção distal do m. reto femoral; ânodo: no ventre do músculo vasto lateral. * 2ª colocação 1ª canal – ânodo: ventre do m. vasto medial; cátodo: no ventre do m. vasto lateral. 2ª canal – cátodo: distal do m. reto femoral; ânodo: proximal do m. reto femoral. * 3ª colocação 1ª canal – ânodo: proximal do m. vasto medial; cátodo: proximal do m. vasto lateral. 2ª canal – cátodo: distal do m. vasto medial; ânodo: distal do m. vasto lateral. * 4ª colocação 1ª canal – ânodo: proximal do m. vasto medial; cátodo: distal do m. vasto lateral. 2ª canal – cátodo: distal do m. vasto medial; ânodo: proximal do m. vasto lateral.
ROONEY <i>et al.</i> (1992)	Investigar os efeitos de diversas combinações das frequências de modulação e portadora na percepção da dor em sujeitos com indução de contrações musculares de alta intensidade.	12 x 8cm Borracha com carbono	Longitudinal ao triângulo femoral e sobre o m. vasto medial.
LIEBER & KELLY (1991)	Identificar os fatores que influenciam o torque do m. quadríceps femoral, usando a EENM.	109cm ² Borracha com carbono 104cm ² Auto-adesivo 54cm ² Esponja com água	Distal: m. vasto medial, aproximadamente cinco a sete centímetros da margem superior da patela. Proximal: margem lateral do m. reto femoral, aproximadamente dois terços do seu comprimento, acima da margem superior da patela.
LYONS <i>et al.</i> (2005)	Comparar o torque do m. quadríceps femoral produzido com estimuladores clínicos e portáteis. Comparar também as diferenças no auto-relato de dor durante a EENM entre dois tipos de estimuladores.	6,98 x 12,7cm Auto-adesivos	Proximal: porção lateral da região anterior da coxa. Distal: porção medial da região anterior da coxa.
OGINO <i>et al.</i> (2002)	Avaliar a utilidade da imagem de ressonância magnética na localização e na quantificação das alterações no músculo quadríceps após exercícios voluntários e EENM.	Eletródos com fibras metálicas, aplicados com gel	Sobre ponto motor dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial, adutor longo.
BRASILEIRO & VILLAR (1999)	Avaliar a influência da eletroestimulação funcional na produção de força muscular (torque).	Auto-adesivo	Um eletrodo foi colocado no m. vasto medial, cerca de três centímetros acima da margem suprapatelar, e outro sobre o m. reto femoral, aproximadamente dez centímetros ântero-superior.
HAN <i>et al.</i> (2006)	Comparar a dor induzida pela estimulação magnética e pela EENM no músculo quadríceps femoral.	5 x 9cm Auto-adesivo impregnado com carbono	Distal: colocado no m. vasto medial, aproximadamente cinco a sete centímetros da margem superior da patela. Proximal: sobre a margem lateral do m. reto femoral, aproximadamente dois terços do seu comprimento, medido acima da margem superior da patela.
GORGEY <i>et al.</i> (2006)	Examinar os diversos parâmetros da EENM na tensão do músculo quadríceps femoral.	8 x 10cm Adesivo de carbono	Um eletrodo foi colocado dois a três centímetros acima da margem superior da patela, sobre o m. vasto medial, e o outro eletrodo estava 30cm acima da patela lateralmente, sobre o m. vasto lateral.
PIVA <i>et al.</i> (2007)	Descrever o uso da EENM aplicada no músculo quadríceps femoral em conjunto com exercícios programados em pacientes com artrite reumatóide.	6,98 x 12,7cm Auto-adesivo	Distal: sobre o m. vasto medial. Proximal: sobre o m. vasto lateral.
GONDIN <i>et al.</i> (2005)	Examinar os efeitos da EENM durante quatro e oito semanas de treinamento na resistência e fatores que influenciam a fadiga.	25 x 50cm ² Auto-adesivo	Eletrodo positivo: mais próximo possível do ponto motor dos m. vasto lateral e vasto medial. Eletrodo negativo: colocado cinco a sete centímetros abaixo do ligamento inguinal.
LAUFER <i>et al.</i> (2001)	Comparar a habilidade de três diferentes formas de onda para gerar contrações isométricas no músculo quadríceps femoral de indivíduos assintomáticos.	7,6 x 12,7cm Auto-adesivo	Dois eletrodos sobre o m. vasto lateral, sendo um proximal e outro distal. Um eletrodo na porção distal do m. vasto medial e outro sobre o m. reto femoral.
KENDALL <i>et al.</i> (2006)	Comparar a ativação neural avaliada pela taxa de ativação central versus avaliação estimada por imagem de ressonância magnética, durante a contração máxima voluntária associada à EENM.	8 x 10cm	Distal: sobre o m. vasto medial. Proximal: sobre o m. vasto lateral.
LEWEK <i>et al.</i> (2001)	Descrever o uso da EENM para produzir aumento de força do músculo quadríceps femoral, em combinação com programa de fortalecimento voluntário de alta intensidade em um paciente idoso após a cirurgia em prótese total de joelho.	Auto-adesivo	Distal: longitudinalmente sobre o m. vasto medial. Proximal: longitudinalmente sobre o m. vasto lateral.
McLoda & Carmack (2000)	Determinar o ciclo de trabalho mais eficiente para realizar a contração muscular involuntária do músculo quadríceps femoral em indivíduos saudáveis.	43,7cm ² Eletrodo de carbono flexível com esponja umedecida	Distal: foi aplicado no terço médio do m. vasto medial oblíquo. Proximal: um quarto do comprimento do m. reto femoral.

músculo vasto medial; e os 7,1% (n = 1) restantes não citaram o músculo, e sim o posicionamento, porção lateral da região anterior da coxa e porção medial da região anterior da coxa.

3. DISCUSSÃO

A fim de encontrar a melhor maneira de depositar no sistema neuromuscular certa quantidade de doses de corrente elétrica com máximo conforto (MONTENEGRO *et al.*, 2005), diversos autores optaram por diferentes maneiras de posicionamento dos eletrodos (NELSON, HAYES & CURRIER, 2003; KENDALL *et al.*, 2006).

No presente estudo, 28,6% dos autores optaram pelo posicionamento dos eletrodos nos músculos reto femoral e vasto medial, a fim de obterem uma melhor otimização dos resultados (LIEBER & KELLY, 1991; BRASILEIRO & VILLAR, 2000; McLODA & CARMACK, 2000; HAN, SHIN & KIM, 2006).

Já outros 35,7% utilizaram os músculos vasto medial e vasto lateral (LYONS *et al.*, 2005; PIVA *et al.*, 2007; GORGEY *et al.*, 2006; KENDALL *et al.*, 2006; LEWEK, STEVENS & MACKLER, 2001), sendo que Lewek *et al.* (2001) – 7,1% – optaram pela disposição longitudinal, ou seja, no comprimento das fibras musculares.

Ogino *et al.* (2002) e Gondin *et al.* (2006) – 14,3% – colocaram os eletrodos sobre o ponto motor dos músculos vasto medial e vasto lateral, mas Ogino *et al.* (2002) – 7,1% – acrescentaram outro canal nos músculos reto femoral e adutor longo. Já Gondin *et al.* (2006) – 7,1% – colocaram outro eletrodo cinco a sete centímetros abaixo do ligamento inguinal, sendo

também uma posição efetiva, pois, embaixo do ligamento inguinal, passa o nervo femoral tendo, portanto, uma boa relação com a estimulação do músculo quadríceps femoral.

Houve também autores que posicionaram os eletrodos sobre os músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral, como Laufer *et al.* (2001) e Montenegro *et al.* (2005) – 14,3%.

Rooney *et al.* (1992) – 7,1% – utilizaram a posição longitudinal ao trígono femoral e sobre o músculo vasto medial, a fim de se obter um melhor resultado. Os autores tiveram como foco as diferentes combinações de frequências, e não as diferentes posições dos eletrodos, utilizando a posição como base para o estudo.

Em relação ao tipo de eletrodo, o mais utilizado foi o auto-adesivo (57,1%), e não houve uma unanimidade com relação ao tamanho dos eletrodos.

Com isto, pode-se perceber que não há um padrão em relação ao posicionamento, tipo e tamanho dos eletrodos.

4. CONCLUSÃO

Em vista da revisão sistemática desenvolvida, ficou claro que não há um consenso na literatura sobre as possíveis formas de posicionamento de eletrodos sobre o músculo quadríceps femoral para a realização da estimulação elétrica neuromuscular.

Mais estudos devem ser realizados, a fim de se obterem dados sobre o posicionamento e suas influências no tratamento fisioterapêutico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASILEIRO, Jamílson S. & VILLAR, A. F. S. Comparação dos torques gerados por estimulação elétrica e contração muscular voluntária no músculo quadríceps femoral. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 2000; 4: 75-81.
- GONDIN, Julien; GUETTE, Marie; JUBEAU, Marc; BALLAY, Yves & MARTIN, Alain. Central and peripheral contributions to fatigue after electrostimulation training. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 2006; 38: 1.147-56.
- GORGEY, Ashraf S.; KENDALL, Tracee; MAHONEY, Edward & DUDLEY, Gary A. Effects of neuromuscular electrical stimulation parameters on specific tension. *European Journal of Applied Physiology*, 2006; 97: 737-44.
- HAN, Tai-Ryoon; SHIN, Hyung-Ik & KIM, Il-Soo. Magnetic stimulation of the quadriceps femoris muscle: comparison of pain with electrical stimulation. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2006; 85: 593-99.
- LAUFER, Yocheved; RIES, Julie D.; LEININGER, Peter M. & ALON, Gad. Quadriceps femoris muscle torques and fatigue generated by neuromuscular electrical stimulation with three different waveforms. *Physical Therapy*, 2001; 81: 1.307-16.
- LEWEK, Michael; STEVENS, Jennifer & MACKLER, Lynn S. The use of electrical stimulation to increase quadriceps femoris muscle force in an elderly patient following a total knee arthroplasty. *Physical Therapy*, 2001; 81: 1.565-71.
- LIEBER, Richard L. & KELLY, M. Jeanne. Factors influencing quadriceps femoris muscle torque using transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Physical Therapy*, 1991; 71: 20-6.
- LYONS, Christian L.; ROBB, Joel B.; IRRGANG, James J. & FITZGERALD, G. Kelley. Differences in quadriceps femoris muscle torque when using a clinical electrical stimulator versus a portable electrical stimulator. *Physical Therapy*, 2005; 85: 45-50.
- KENDALL, Tracee L., BLACK, Christopher D.; ELDER, Christopher P.; GORGEY, Ashraf & DUDLEY, Gary A. Determining the extent of neural activation during maximal effort. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 2006; 38: 1.470-75.
- MCLODA, Todd A. & CARMACK, Jennifer A. Optimal burst duration during a facilitated quadriceps femoris contraction. *Journal of Athletic Training*, 2000; 35: 145-50.
- MONTENEGRO, Eduardo José N.; RODRIGUES, Eduardo Augusto P.; ROCHA, Taciano D. S.; CURY, Juliana R. L.; MENDES, Ana Carine G. & SALES, Adriana R. de. Estudo da área e localização dos eletrodos durante a estimulação elétrica neuromuscular do músculo quadríceps femoral. *Anais da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pernambuco*, 2005; 50: 123-27.
- NELSON, Roger M.; HAYES, Karen W. & CURRIER, Dean P. *Eletroterapia clínica*. 3. ed. Barueri-SP: Editora Manole, 2003.
- OGINO, Misa; SHIBA, Naoto; MAEDA, Takashi; IWASA, Kiyohiko; TAGAWA, Yoshihiko; MATSUO, Shigeaki et al. MRI Quantification of muscle activity after volitional exercise and neuromuscular electrical stimulation. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2002; 81: 446-51.
- PIVA, Sara R.; GOODNITE, Edward A.; AZUMA, Koichiro; WOOLLARD, Jason D.; GOODPASTER, Bret H.; WASKO, Mary C. et al. Neuromuscular electrical stimulation and volitional exercise for individuals with rheumatoid arthritis: A multiple-patient case report. *Physical Therapy*, 2007; 87: 1.064-77.
- ROONEY, James G.; CURRIER, Dean P. & NITZ, Arthur J. Effect of variation in the burst and carrier frequency modes of neuromuscular electrical stimulation on pain perception of healthy subjects. *Physical Therapy*, 1992; 72: 46-52.

Endereço para correspondência:

Richard Eloin Liebano. Unucid – Departamento de Fisioterapia.
Rua Cesário Galero, 448/475 – Tatuapé – São Paulo-SP. CEP: 03071-000.
E-mail: liebano@gmail.com.