

**Artigo original**

Denise Dal'Ava Augusto<sup>1</sup>  
Paula Pinheiro Ventura<sup>1</sup>  
João Felipe de Souza Nogueira<sup>1</sup>  
Jamilson Simões Brasileiro<sup>1</sup>

## **EFEITO IMEDIATO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR SELETIVA NA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DO MÚSCULO VASTO MEDIAL OBLÍQUO**

### **IMMEDIATE EFFECT OF SELECTIVE NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION ON THE ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY OF THE VASTUS MEDIALIS OBLIQUE MUSCLE**

#### **RESUMO**

A Síndrome da dor patelofemoral (SDPF) é descrita como dor anterior ou retro-patelar do joelho na ausência de outras patologias associadas, sendo frequentemente associada à disfunção do Vasto Medial Oblíquo (VMO). Entretanto, diversos estudos têm demonstrado a impossibilidade de ativar seletivamente este músculo através de exercícios. O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito imediato da estimulação elétrica neuromuscular (EENM) seletiva no músculo VMO por meio do comportamento eletromiográfico dos músculos VMO e vasto lateral (VL). Foram avaliadas 18 mulheres saudáveis, com idade média de 23,2 anos e IMC médio de 20 Kg/m<sup>2</sup>. Os procedimentos do estudo incluíram uma análise eletromiográfica dos músculos VMO e VL, antes e imediatamente após a EENM do músculo VMO. Durante a análise eletromiográfica, as voluntárias realizaram uma contração isométrica voluntária máxima durante a extensão do joelho a 60° em um dinamômetro isocinético. A estimulação elétrica foi realizada através da corrente Russa. A análise dos dados mostrou um aumento significativo na intensidade de ativação do músculo VMO imediatamente após a estimulação do mesmo ( $p=0,0125$ ), enquanto que a intensidade de ativação do músculo VL, não mostrou aumento significativo ( $p=0,924$ ). Além disso, verificou-se também um aumento significativo na relação VMO/VL ( $p=0,048$ ). No presente estudo, observou-se uma modificação na relação VMO/VL após a EENM, sugerindo que a mesma tem um efeito favorável no fortalecimento seletivo do VMO.

**Palavras-chave:** Síndrome da dor patelofemoral; Eletromiografia; Músculo vasto medial oblíquo; Músculo vasto lateral.

#### **ABSTRACT**

The Patellofemoral pain syndrome (PFPS) is described as an anterior or retropatellar knee pain in the absence of other associated diseases, and has often been associated with dysfunction of the vastus medialis oblique muscle (VMO). However, several studies have demonstrated the impossibility of selectively activating this muscle with exercises. The aim of the present study was to analyze the immediate effect of neuromuscular electrical stimulation of VMO muscle by means of monitoring the electromyographic activity of the vastus medialis oblique (VMO) and vastus lateralis (VL) muscles. Eighteen healthy women with a mean age of 23.2 years and mean BMI of 20 Kg/m<sup>2</sup> were evaluated. The study protocol included electromyographic analysis of VMO and VL muscles, before and immediately after neuromuscular electrical stimulation of the VMO muscle. During the electromyographic analysis, the volunteers performed maximal voluntary isometric contraction in a 60° knee extension on an isokinetic dynamometer. "Russian current" apparatus was used for electrical stimulation. Results: The data analysis demonstrated a significant increase in VMO activation intensity immediately after it had been electrically stimulated ( $p=0.0125$ ), whereas VL activation intensity exhibited no significant increase ( $p=0.924$ ). Moreover, a significant increase in the VMO/VL ratio was also detected ( $p=0.048$ ). In this study it was observed that electrical stimulation modified the VMO/VL ratio, which suggests electrical stimulation has a beneficial effect on VMO muscle strength.

**Key words:** Patellofemoral pain syndrome; Electromyography; Vastus medialis oblique muscle; Vastus lateralis muscle.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Fisioterapia. Rio Grande do Norte, RN, Brasil

## INTRODUÇÃO

A Síndrome da dor patelofemoral (SDPF) é descrita como dor anterior ou retro-patelar do joelho na ausência de outras patologias associadas<sup>1</sup>. O quadro doloroso pode ser intensificado após a realização de atividades como: correr, agachar-se, subir e descer escadas ou ladeiras, permanecer muito tempo sentado ou levantar-se da posição sentada<sup>2</sup>. Estas atividades aumentam as forças de compressão patelofemoral provocando dor nestes pacientes<sup>3</sup>.

A síndrome afetará aproximadamente 25% da população em algum estágio da vida e mulheres são mais vulneráveis do que os homens<sup>4</sup>.

Um grande número de fatores mecânicos contribui para a SDPF tais como o aumento do ângulo Q, rotação femoral, anteversão da pelve, estiramento das estruturas laterais, excessiva pronação do pé, patela alta, variação na forma da patela, posição patelar anormal, frouxidão da articulação ou instabilidade patelar e insuficiência do músculo vasto medial<sup>5</sup>. Além disso, a fraqueza dos músculos do quadril também tem sido associada ao desalinhamento patelar, contribuindo com a síndrome<sup>6</sup>. Ireland et al<sup>7</sup>, demonstraram que a abdução do quadril e a força de rotação externa foram significativamente menores em sujeitos com SDPF do que em controles saudáveis. Disfunção do músculo glúteo médio pode induzir excessiva rotação interna do quadril. Esta rotação interna aumentada do quadril pode contribuir para uma maior força em valgo no joelho, desta forma somando-se a SDPF<sup>8</sup>.

Segundo Fonseca<sup>9</sup>, a tração lateral anormal da patela é a hipótese mais aceita para o desenvolvimento da síndrome, devido a um desequilíbrio neuromuscular entre os músculos vasto medial oblíquo (VMO) e vasto lateral (VL), acarretando numa diminuição na ativação muscular do VMO. De acordo com o mesmo autor, esse desequilíbrio poderia ser causado por distúrbios do mecanismo neurofisiológico, por atrofia do VMO ou ainda por inserção inadequada do VMO e VL.

Na síndrome da dor patelofemoral, a atividade relativa do VMO e do VL tem sido comumente estudada<sup>4</sup>. Na população assintomática, o VMO deve ser ativado antes do VL para evitar a prevalência de força lateral exercida pela ação do músculo vasto lateral<sup>2</sup>. Estudos recentes têm mostrado um desequilíbrio no tempo de ativação do VMO e do VL em sujeitos com SDPF<sup>10</sup>. Cowan et al.<sup>2</sup> encontraram um atraso no tempo de ativação do VMO em relação ao VL, em sujeitos com síndrome em testes de subir e descer escadas e Cowan et al.<sup>1</sup> encontraram o mesmo resultado, realizando testes de perturbação postural.

Outros estudos também têm mostrado um atraso do VMO em relação ao VL em sujeitos com SDPF comparado a sujeitos controles<sup>11-13</sup>.

Numerosos estudos têm examinado diferentes exercícios para diminuir a dor e aumentar a atividade do VMO em pacientes com SDPF<sup>14-17</sup>. No entanto, os estudos têm mostrado que não há ativação seletiva do VMO em exercícios de fortalecimento do quadríceps<sup>17,18</sup>, em exercícios incorporando adução do quadril<sup>19,20</sup> ou em exercícios com rotação interna da tíbia<sup>21</sup>.

Baseado na idéia de que a SDPF resulta de um padrão inadequado da atividade neural, apontado frequentemente na literatura, a estimulação elétrica neuromuscular tem surgido como uma nova possibilidade para a ativação seletiva do VMO, na qual a reabilitação se basearia não apenas na hipertrofia ou fortalecimento do VMO, mas também em uma alteração na intensidade de ativação deste músculo.

Este recurso tem sido muito utilizado na prática clínica para reverter quadros de atrofia e fraqueza muscular, principalmente do músculo quadríceps e desta forma poderá tornar-se uma nova opção para o tratamento da SDPF, já que ela poderia provocar uma alteração no padrão de ativação dos músculos vasto medial oblíquo e vasto lateral.

Esta forma terapêutica tem várias vantagens quando comparada ao regime voluntário, pois o tratamento pode ser padronizado e o modelo de estimulação transmitido ao músculo pode ser precisamente controlado independentemente do paciente<sup>22</sup>.

De acordo com Bohannon<sup>23</sup>, a aplicação de estimulação elétrica no vasto medial (VM) poderia prevenir o deslocamento lateral patelar durante a extensão do quadríceps. Esta prevenção ocorreria devido à produção de uma força medial igual e oposta no VMO ou por reduzir a força lateral da patela em outros componentes do quadríceps.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito imediato da estimulação elétrica neuromuscular no músculo VMO por meio do comportamento eletromiográfico dos músculos VMO e VL.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo foi um ensaio clínico randomizado controlado cego, considerando a análise da atividade eletromiográfica do VMO em relação ao VL antes e após a realização da estimulação elétrica neuromuscular em sujeitos saudáveis. A pesquisa foi realizada no hospital universitário da instituição. A amostra do estudo foi de 18 voluntárias saudáveis, do sexo feminino, com idade variando entre 18 e 25 anos. A média de idade foi de 23,2 anos, e as médias de altura e peso foram respectivamente 1,63 m e 53,56 Kg. O Índice de Massa Corporal das voluntárias foi em média de 20 Kg/m<sup>2</sup>.

As voluntárias estudadas foram todas do sexo feminino devido as grandes diferenças biomecânicas que ocorrem entre os sexos<sup>24</sup> e maior incidência desta patologia neste gênero<sup>25</sup>.

As voluntárias foram recrutadas entre as alunas do curso de fisioterapia local.

Os critérios de inclusão foram: ausência de dor no joelho no último mês, em alguma das seguintes atividades: ficar sentado por tempo prolongado, correr, ajoelhar, pular, subir e descer escadas, não ter história de patologias nos membros inferiores<sup>1</sup>, ausência de cirurgia nos membros inferiores<sup>26</sup>. Além disso, as voluntárias assinalaram dor 0 na Escala Visual Analógica (EVA) na última semana.

Todas as voluntárias foram informadas a respeito

dos objetivos e procedimentos da pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa local sob parecer 0018/06.

Para este estudo, foi utilizado um Módulo Condicionador de sinais de 4 canais (EMG System do Brasil Ltda) interfaciado com um microcomputador, que recebe o sinal eletromiográfico e o armazena em arquivo, além de um software para análise digital de sinais, AqDados (versão 5.0). Foram utilizados para a captação da atividade elétrica dos músculos, eletrodos ativos de superfície (EMG System do Brasil Ltda), compostos por duas barras paralelas de Ag\AgCl e um eletrodo de referência oval, tipo garra também foi utilizado.

Um dinamômetro isocinético, da marca MEDISA® (Espanha), foi utilizado para a realização do exercício isométrico em cadeia cinética aberta (CCA).

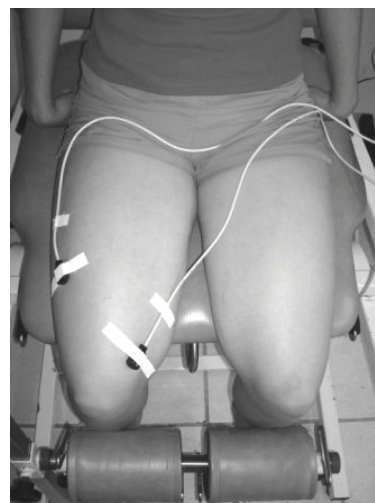
A estimulação elétrica foi aplicada por meio de um eletroestimulador *Neurodin®* (*Ibramed, Indústria Brasileira de Equipamentos Médicos, Brasil*), com forma de pulso retangular, bifásico, simétrico com frequência de onda portadora de 2500 Hz, modulada em 50 *bursts* por segundo, duração de pulso de 200  $\mu$ s, intervalo *interburst* de 10 ms (configuração normalmente conhecida como “corrente russa”).

Antes do início do teste, as voluntárias realizaram um aquecimento de 5 minutos em uma bicicleta estacionária e alongamento dos músculos ísquio-tibiais, quadríceps e tríceps sural (3 séries de 30 segundos para cada músculo, com intervalo de 30 segundos entre um alongamento e outro).

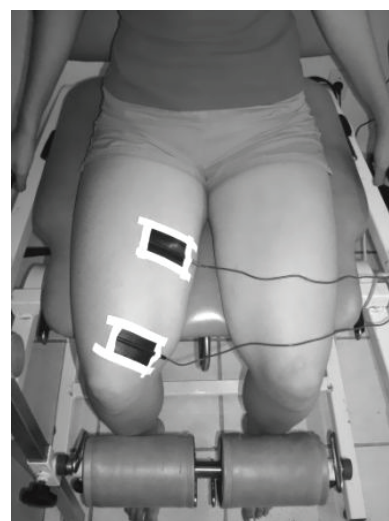
Inicialmente, para realização da EMG, a pele onde foram fixados os eletrodos foi tricotomizada e higienizada com álcool a 70%. Os eletrodos foram posicionados de acordo com o SENIAM (1999). O eletrodo para o VMO, foi posicionado a 80% da linha entre a espinha íliaca ântero-superior e o espaço da articulação na face da borda anterior do ligamento medial. O eletrodo do VL, posicionado a 2/3 da linha que vai da espinha íliaca ântero-superior ao bordo lateral da patela (Figura 1). O eletrodo de referência, por sua vez, foi posicionado sobre o maléolo medial do membro contralateral.

A atividade eletromiográfica foi registrada durante uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM), no dinamômetro isocinético com o joelho fletido a 60° (sendo 0° a extensão completa), antes e após a Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM). Estímulo verbal foi dado pelos pesquisadores durante a contração.

Após a realização da primeira CIVM, foi realizada a estimulação elétrica no músculo vasto medial do membro testado. Nesta etapa, foram realizadas 10 contrações através da EENM, sem contração ativa da voluntária. Os eletrodos foram posicionados sobre o VMO (eletrodo proximal no terço inferior da face ântero-medial da coxa e o distal cerca de 3 cm acima do bordo supero-medial da patela - Figura 2). A intensidade da estimulação aplicada foi a máxima suportada por cada voluntária.



**Figura 1.** Posicionamento dos eletrodos para registro eletromiográfico



**Figura 2.** Posicionamento dos eletrodos para estimulação elétrica do músculo VMO

Após a realização das 10 contrações eletricamente estimulada, um segundo registro eletromiográfico foi realizado durante uma nova CIVM, utilizando o mesmo exercício.

Para análise estatística, os dados foram normalizados pela CIVM a 60° de flexão do joelho em cadeia cinética aberta. Na análise das diferenças entre os grupos, foi utilizado o teste t de Student, assim como durante a verificação da diferença entre os músculos VMO e VL. Foi considerado significativo um  $p \leq 0,05$ .

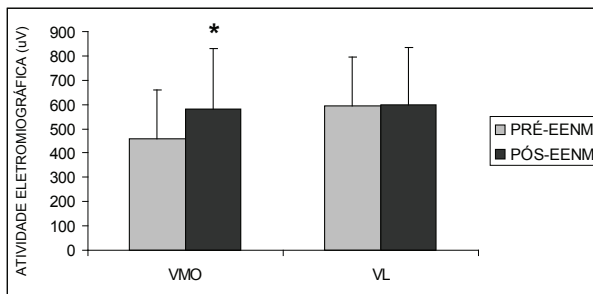
**Tabela 1.** Análise estatística da atividade eletromiográfica dos músculos VMO e VLL e da relação VMO/VLL antes e após a EENM, expressa pela média.

	Pré-Estimulação	Pós-Estimulação	p valor
VMO	458 $\mu$ V	580 $\mu$ V	0,0125*
VLL	592 $\mu$ V	599 $\mu$ V	0,924
Relação VMO/VLL	0,82	1,08	0,048*

\*  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

A análise eletromiográfica do músculo vasto medial oblíquo, realizada antes e após a estimulação elétrica, mostrou um aumento na intensidade de ativação do mesmo, com médias 458uV e 580uV antes e após a estimulação, respectivamente (Figura 3). A análise dos dados mostrou um aumento significativo na intensidade de ativação deste músculo ( $p=0,0125$ ). Para o músculo vasto lateral, sobre o qual não foi realizada a estimulação elétrica, as médias dos valores foram 592uV e 599uV, na primeira e segunda avaliação, respectivamente, não revelando alterações estatisticamente significativas, ( $p=0,924$  - Figura 3).

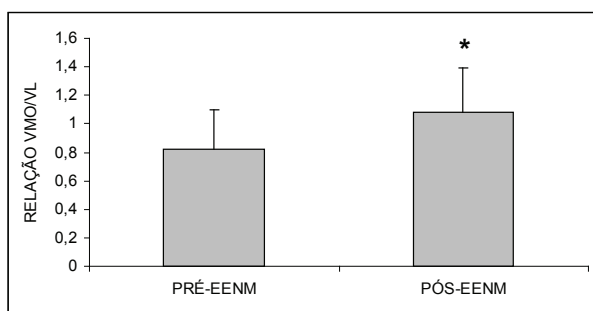


**Figura 3.** Média dos Valores da Intensidade de Ativação do Músculo VMO e VL Antes e Após a Eletroestimulação.

Nota. Os valores da intensidade de ativação do VMO são expressos pelas médias dos valores absolutos em microvolts -uV, (\* VMO  $p=0,0125$ ; VL  $p=0,924$ ).

Foi observada também uma diferença estatisticamente significativa na relação da integral do sinal eletromiográfico VMO/VL. A média obtida antes da estimulação elétrica foi de 0,82, e a média imediatamente após a estimulação foi de 1,08, com  $p=0,048$  (Figura 4).

Os valores da relação da integral do sinal eletromiográfico entre o VMO e o VL antes da estimulação elétrica, mostraram que, mesmo em indivíduos saudáveis, sem queixa de dor no joelho, há uma diferença na intensidade de ativação destes músculos, com o VMO sendo ativado em menor intensidade do que o VL.



**Figura 4.** Relação da Integral do Sinal Eletromiográfico entre o VMO e o VL Antes e Após a Eletroestimulação.

Nota: Os valores no gráfico são as médias dos valores absolutos da relação integral VMO/VL. (\*  $p=0,048$ ).

## DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou um aumento estatisticamente significativo na intensidade de ativação do músculo vasto medial oblíquo, verificado através da eletromiografia de superfície, imediatamente após a estimulação elétrica deste músculo em indivíduos saudáveis. Isto pode ter ocorrido como resultado de uma alteração no controle motor, relativo à quantidade de unidades motoras recrutadas.

Embora a estimulação elétrica neuromuscular tenha sido frequentemente incorporada aos exercícios terapêuticos para facilitar a contração ativa do músculo quadríceps<sup>27</sup>, poucos são os estudos sobre o uso desta técnica, exclusivamente sobre o VMO. A capacidade dos aparelhos de EENM aumentarem o grau de recrutamento muscular dependeria tanto da ativação direta de grandes unidades motoras, como do efeito facilitatório produzido pelo *feedback* sensorial, sobre os grandes neurônios motores, conforme proposto por Trimble e Enoka<sup>28</sup>: A aferência cutânea que ocorre com o uso da EENM poderia aumentar a população de unidades motoras que são ativadas pelo exercício.

Além disso, através de uma antecipação do estímulo elétrico à contração voluntária, durante a execução dos exercícios, possíveis alterações no *feedforward* postural poderiam ocorrer, modificando a coordenação entre os vastos e, como consequência, equilibrando as forças que atuam sobre a patela.

Bohannon<sup>23</sup> observou que a estimulação do VMO preveniu o deslocamento patelar em portadores de instabilidade patelar crônica. Werner et al.<sup>29</sup> observaram melhoras na dor de portadores da SDFP após eletroestimulação por meio da análise do torque do quadríceps e da medida da área de secção transversa do VMO e VL. Avramidis et al.<sup>30</sup>, notaram efeito positivo da eletroestimulação do VMO na reabilitação de pacientes após artroplastia total do joelho por meio da análise da velocidade da marcha; e Callaghan e Oldham<sup>22</sup> fizeram um estudo comparativo de duas formas de eletroestimulação do VMO por meio da análise do torque isométrico e isocinético, fadiga do quadríceps, área de secção transversa, medida da dor e escala de Kujala, e verificaram que os dois tipos de eletroestimulação apresentaram efeitos positivos no tratamento da SDFP.

Segundo a literatura<sup>9</sup>, a hipótese mais aceita para o desenvolvimento da síndrome patelofemoral, é a tração lateral anormal da patela, causada por um desequilíbrio entre os músculos VMO e VL, desta forma, em indivíduos assintomáticos, a intensidade de ativação destes músculos deveria ser próxima a 1. No entanto, observamos uma diferença na relação da integral do sinal EMG entre o VMO e o VL, antes da estimulação elétrica, com média de 0,82, mostrando que a intensidade de ativação do VMO é menor em relação ao VL. Assim, a relação na intensidade de ativação destes músculos não seria a mesma, ou seja, mesmo em indivíduos não portadores da SDFP, o músculo VMO possui uma menor intensidade de ativação que o VL, podendo esta relação estar ainda mais alterada em pacientes sintomáticos.

Nossos dados sugerem que a EENM pode modificar esta relação, aumentando o recrutamento do músculo VMO em relação ao VL. Desta forma, a eletroestimulação seletiva do músculo VMO, pode ser um importante aditivo, incorporada ao programa convencional de tratamento para a SDPF, uma vez que ela proporciona aumento na intensidade de ativação deste músculo.

## CONCLUSÃO

No presente estudo, observamos um efeito favorável da EENM, através da corrente russa, no que se refere à intensidade de ativação do músculo VMO em indivíduos saudáveis. O músculo VMO, submetido à estimulação elétrica teve sua intensidade de ativação aumentada, imediatamente após a aplicação da técnica. Desta forma, a eletroestimulação pode ser um recurso disponível no tratamento da SDPF, uma vez que a principal hipótese para o desenvolvimento desta, é o desequilíbrio muscular entre os músculos VMO e VL.

Sugerimos que novos estudos sejam realizados, sobretudo, comparando grupos controle e grupos de sujeitos portadores da SDPF, além da utilização de outros parâmetros eletromiográficos, como o tempo de ativação dos músculos VMO e VL. Sugerimos também a inclusão desses sujeitos em um programa de treinamento com EENM, para verificar os possíveis efeitos de longo prazo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cowan SM, Hodges PW, Bennell KL, Crossley KM. Altered Vastii Recruitment when People with Patellofemoral Pain Syndrome Complete a Postural Task. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:989-995.
2. Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, Crossley KM, McConnell J. Delayed Onset of Electromyographic Activity of Vastus Medialis Oblique Relative to Vastus Lateralis in Subjects With Patellofemoral Pain Syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:183-189.
3. Tunay VB, Ergun N, Baltaci G, Tunay S, Erden Z. Treatment of Patellar Tracking and pain in Patellofemoral Malalignment: Conservative versus Surgery. *Pain Clin* 2003;15(2):185-192.
4. Wong Y. Surface electrode placement affects the EMG recordings of the quadriceps muscles. *Phys Ther Sport* 2006;7:122-127.
5. Fairbank JC, Pynsent PB, Van Poortvliet JA, Philips H. Mechanical factors in the incidence of knee pain in adolescents and young adults. *J Bone Joint Surg Br* 1984;66:685-693.
6. Aminaka N, Gribble PA. A Systematic Review of the Effects of Therapeutic Taping on Patellofemoral Pain Syndrome. *J Athl Train* 2005;40(4):341-351.
7. Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003;33:671-676
8. Brindle TJ, Mattacola C, McCrory J. Electromyographic changes in the gluteus medius during stair ascent and descent in subjects with anterior knee pain. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003;11:244-251.
9. Fonseca ST, Cruz ABC, Lima SS, Seixas AFAM. Análise eletromiográfica dos músculos vasto medial oblíquo e vasto lateral em exercícios usados no tratamento da síndrome da dor patelofemoral. *Rev Fisiot Univers SP*. 2001;8(1):1-10.
10. MacGregor K, Gerlach S, Mellor R, Hodges PW. Cutaneous stimulation from patella tape causes a differential increase in vasti muscle activity in people with patellofemoral pain. *J Orthop Res* 2004;23:351-358.
11. Mariano P, Caruso I. An electromyographic investigation of subluxation of the patella. *J Bone Joint Surg Br* 1979;61B:169-171.
12. Souza DR, Gross MT. Comparison of Vastus Medialis Obliquus:Vastus Lateralis Muscle Integrated Electromyographic Ratios Between Healthy Subjects and Patients with Patellofemoral Pain. *Phys Ther* 1991;71(4): 310-320.
13. Witvrouw E, Sneyers C, Lysens R, Victor J, Bellemans J. Reflex response times of vastus medialis oblique and vastus lateralis in normal subjects and in subjects with patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;24:160-165.
14. Cerry K. Vastus Medialis Oblique/Vastus Lateralis Muscle Activity Ratios for Selected Exercises in Persons With and Without Patellofemoral Pain Syndrome. *Phys Ther* 1995;75(8):672-683.
15. Tang SF, Chen CK, Hsu R, Chou SW, Hong WH, Lew HL. Vastus medialis obliquus and vastus lateralis activity in open and closed kinetic chain exercises in patients with patellofemoral pain syndrome: An electromyographic study. *Arch Phys Med Rehabil*, 2001;82:1441-1445.
16. Lam PL, Ng GYF. Activation of the Quadriceps Muscle during Semisquatting with Different Hip and Knee Positions in Patients with Anterior Knee Pain. *Am J Phys Med Rehabil* 2001;80(11):804-808.
17. Ribeiro DC, Loss JF, Caneiro JPT, Lima CS, Martinez FG. Análise Eletromiográfica do Quadriceps Durante a Extensão do Joelho em Diferentes Velocidades. *Acta Ortop Bras* 2005;13(4):189-193.
18. Mirzabeigi E, Jordan C, Gronley JK, Rockowitz NL, Perry J. Isolation of the Vastus Medialis Oblique Muscle during Exercise. *Am J Sports Med* 1999;27(1):50-53.
19. Earl JE, Schmitz RJ, Arnold BL. Activation of the VMO and VL during dynamic mini-squat exercises with and without isometric hip adduction. *J Electromyogr Kinesiol* 2001;11:381-386.
20. Coqueiro KRR, Bevilaqua-Grossi D, Bérzin F, Soares AB, Candolo C, Monteiro-Pedro V. Analysis on the activation of the VMO and VLL muscles during semisquat exercises with and without hip adduction in individuals with patellofemoral pain syndrome. *J Electromyogr Kinesiol* 2005;15:596-603.
21. Serrão FV, Cabral CMN, Bérzin F, Candolo C, Monteiro-Pedro V. Effect of tibia rotation on the electromyographical activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis longus muscles during isometric leg press. *Phys Ther Sport* 2005;6:15-23.
22. Callaghan MJ, Oldham JA. Electric muscle stimulation of the quadriceps in the treatment of patellofemoral pain. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;85:956-962.
23. Bohannon RW. Effect of electrical stimulation to the vastus medialis muscle in a patient with chronically dislocating patellae. *Phys Ther* 1983;63:1445-1447.
24. Powers CM. Patellar Kinematics, Part I: The Influence of Vastus Muscle Activity in Subjects With and Without Patellofemoral Pain. *Phys Ther* 2000;80(10):956-964.
25. Bevilaqua-Grossi D, Felício LR, Simões R, Coqueiro KRR, Monteiro-Pedro V. Avaliação eletromiográfica dos músculos estabilizadores da patela durante

- exercício isométrico de agachamento em indivíduos com síndrome da dor femoropatelar. *Rev Bras Med Spor* 2005;11(3):159-163.
26. Pulzzato F, Gramany-Say K, Siqueira ACB, Santos GM, Bevilaqua-Grossi D, Oliveira AS, et al. A Influência da Altura do Step no Exercício de Subida Posterior: Estudo Eletromiográfico em Indivíduos Sadios e Portadores da Síndrome da Dor Femoropatelar. *Acta Ortop Bras* 2005;13(4):168-170.
27. Wilk KE, Reinold MM. Principles of Patellofemoral Rehabilitation. *Sports Med Arthrosc Rev* 2001;9(4):325-336.
28. Trimble MH, Enoka RM. Mechanisms Underlying the Training Effects Associated with Neuromuscular Electrical Stimulation. *Phys Ther* 1991;71(4):273-282.
29. Werner S, Arvidsson H, Arvidsson I, Eriksson E. Electrical stimulation of vastus medialis and stretching of lateral thigh muscles in patients with patellofemoral symptoms. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1993;1:85-92.
30. Avramidis K, Strike PW, Taylor PN, Swain ID. Effectiveness of electric stimulation of the vastus medialis muscle in the rehabilitation of patients after total knee arthroplasty. *Am J Phys Med Rehabil* 2003;84:1850-1853.

---

**Endereço para correspondência:**

Jamilson Simões Brasileiro.

Avenida Jaguarari, 5250. Condomínio Green Towers. Bl A, Apt 801.  
Candelária.

CEP: 59.064-500, Natal, RN. Brasil.

E-mail: brasileiro@ufrnet.br

Recebido em 08/10/07

Revisado em 19/11/07

Aprovado em 10/02/08