

Efeitos da eletroestimulação do músculo vasto medial oblíquo em portadores de síndrome da dor patelofemoral: uma análise eletromiográfica

Effects of electrical stimulation of vastus medialis obliquus muscle in patients with patellofemoral pain syndrome: an electromyographic analysis

Fabiana R. Garcia¹, Fábio M. Azevedo², Neri Alves², Augusto C. Carvalho², Carlos R. Padovani³, Rúben F. Negrão Filho²

Resumo

Contextualização: O uso da eletromiografia de superfície (EMG-S) tem sido considerado como instrumento de avaliação quantitativa na síndrome da dor patelofemoral (SDPF). Tratamentos conservadores objetivam melhorar o alinhamento patelar, e a estimulação elétrica do músculo vasto medial oblíquo (VMO) tem sido considerada por ser seletiva e não causar irritação articular. **Objetivo:** Verificar o efeito de um programa de fortalecimento muscular com estimulação elétrica do VMO na SDPF por meio da capacidade de avaliação da EMG-S. **Métodos:** Participaram deste estudo 10 mulheres jovens (idade: 23,1±4,9 anos; massa corporal: 66,8±14,0 kg; estatura: 1,63±6,9 cm; IMC: 25,1±5,6 kg/m²) com SDPF unilateral, as quais realizaram o teste funcional de subir degrau para captação da atividade eletromiográfica dos músculos VMO e vasto lateral (VL), antes e após um programa de estimulação elétrica do VMO. A eletroestimulação foi realizada três vezes por semana, durante seis semanas. Foram consideradas, para análise entre VMO e VL, as variáveis razão do tempo do início até o pico de ativação, razão da integral do sinal (teste t para amostras dependentes) e diferença de início de ativação (teste de Wilcoxon), com nível de significância de $p \leq 0,05$. **Resultados:** Os resultados mostraram que ocorreu alteração somente no comportamento eletromiográfico relativo à razão da integral do sinal, mostrando que, após o treinamento muscular, ocorreram mudanças na capacidade de geração da força. **Conclusão:** O uso da eletroestimulação deve ser considerado no sentido de complementar a abordagem terapêutica conservadora em portadores da SDPF e a análise da razão da integral do sinal de EMG-S, como instrumento de avaliação.

Artigo registrado no Australian New Zealand Clinical Trials Registry (ANZCTR) sob o número ACTRN 12609000079246.

Palavras-chave: eletromiografia; estimulação elétrica nervosa transcutânea; síndrome da dor patelofemoral.

Abstract

Background: The use of surface electromyography (SEMG) has been considered a tool for quantitative assessment of patellofemoral pain syndrome (PFPS). Conservative treatments aim to improve patellar alignment, and electrical stimulation of the vastus medialis obliquus (VMO) muscle has been considered effective because it is selective and does not cause joint irritation. **Objective:** This study aims to investigate the efficiency of a muscle strengthening program with electrical stimulation of the VMO muscle in PFPS by SEMG. **Methods:** A group of ten young women (age: 23.1±4.9 years; body mass: 66.8±14.0 kg; height: 1.63±6.9 cm; BMI: 25.1±5.6 kg/m²) with unilateral PFPS participated in the study. They performed the functional test of stair stepping to capture the electromyographic (EMG) activity of the VMO and vastus lateralis (VL) muscles, before and after a program of electrical stimulation of the VMO muscle. The electrical stimulation was performed three times per week for six weeks. For analysis between the VMO and VL muscles, we considered the variables: ratio of time of onset to peak of activation, ratio of the integrals of the signals (t-test for dependent samples), and difference between onsets of activation (Wilcoxon test), with significance level of $p \leq 0.05$. **Results:** The results only showed change in behavior in the EMG signal for the ratio of the integrals of the signals, indicating that changes occurred in the force-generating capacity of the muscle after the training. **Conclusion:** The use of electrical stimulation should be considered to complement the conservative therapeutic approach in patients with PFPS, and the analysis of the ratio of the integrals of the SEMG signals should be considered as an instrument of evaluation.

Article registered in the Australian New Zealand Clinical Trials Registry (ANZCTR) under number ACTRN 12609000079246.

Key words: electromyography; transcutaneous electrical nerve stimulation; patellofemoral pain syndrome.

Recebido: 19/06/2009 – **Revisado:** 15/12/2009 – **Aceito:** 25/05/2010

¹ Fisioterapeuta

² Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente (SP), Brasil

³ Departamento de Bioestatística, Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu (SP), Brasil

Correspondência para: Rúben de Faria Negrão Filho, Departamento de Fisioterapia, UNESP, Rua Roberto Simonsen, nº 305, CEP 19060-900, Presidente Prudente (SP), Brasil, e-mail: rubnegrão@yahoo.com.br

Introdução

Atletas e outros indivíduos com síndrome de dor patelo-femoral (SDPF) frequentemente buscam uma forma de tratamento eficaz devido à possibilidade de serem afetados pela dor em atividades simples da vida diária ou mesmo durante a prática de esportes¹. A SDPF tem sido descrita na literatura como dor anterior do joelho² em razão de um mau-alinhamento patelar que irá predispor os indivíduos à dor na articulação e à possibilidade de dano na cartilagem³.

Algumas teorias para a origem do início gradual não-traumático da SDPF e que, portanto, podem causar um mau-alinhamento patelar são: ângulo Q aumentado; tensão do retináculo lateral do joelho, dos isquiotibiais, da banda iliotibial e do gastrocnêmio; pronação excessiva da articulação subtalar⁴; além do aumento da lordose lombar; história de deslocamento de tornozelo e aumento da rotação medial do fêmur, causando torção nessa articulação². Entretanto, a hipótese mais comumente aceitável para esse mau-alinhamento é a trajetória lateral anormal da patela⁵ devido a um desequilíbrio neuromuscular entre os músculos vasto medial oblíquo (VMO) e vasto lateral (VL), acarretando uma diminuição da ativação muscular do VMO⁶.

Tratamentos conservadores para SDPF normalmente consistem em uma variedade de componentes desenvolvidos para melhorar o alinhamento patelar^{5,7,8}. A estimulação elétrica no músculo VMO⁹⁻¹² e no quadríceps femoral¹³ tem sido estudada como forma de tratamento na SDPF, principalmente por ser seletiva e não causar irritação na articulação fêmoro-patelar, o que ocorre com frequência quando se faz uso de exercícios físicos no tratamento das disfunções do mecanismo extensor do joelho¹³.

O uso da eletromiografia de superfície (EMG-S), como instrumento de avaliação temporal da atividade elétrica muscular^{4,6,11,13-15}, tem se popularizado, uma vez que existe a possibilidade de sua utilização na rotina fisioterapêutica como instrumento de avaliação quantitativa na SDPF. No entanto, nenhum estudo evidenciou, como forma de avaliação da evolução, as alterações eletromiográficas dos músculos VMO e VL após programa de tratamento com estimulação elétrica no VMO em indivíduos com SDPF.

O pressuposto é que, após o tratamento com eletroestimulação, ocorra alterações no controle de ativação muscular e na quantidade de ativação, já que portadores da SDPF podem exibir redução da força e do padrão de ativação do VMO em relação ao VL, com alteração no comportamento dinâmico da articulação patelofemoral¹⁶. Assim, o intuito deste trabalho foi verificar a eficácia de um programa de fortalecimento muscular com estimulação elétrica no músculo VMO em indivíduos com SDPF por meio da capacidade de avaliação da EMG-S.

Materiais e métodos

Participaram deste estudo 10 mulheres jovens (idade: 23,1±4,9 anos; massa corporal: 66,8±14,0 kg; estatura: 1,63±6,9 cm; índice de massa corpórea (IMC): 25,1±5,6 kg/m²), com diagnóstico médico de SDPF unilateral.

As voluntárias foram submetidas a um protocolo de avaliação para serem incluídas no experimento que constou de: identificação, anamnese, avaliação da dor em condições funcionais e em testes funcionais por meio da escala visual analógica (EVA) e exame clínico, incluindo testes para avaliação da articulação fêmoro-patelar, testes complementares com o objetivo de excluir possíveis alterações ligamentares ou meniscais e testes para avaliarem retração, força muscular dos membros inferiores, além de exame radiológico para excluir alterações anatômicas da articulação fêmoro-patelar.

Os critérios de inclusão¹⁴ foram os seguintes: 1) relatar início insidioso dos sintomas não relacionados com incidente traumático, frequentes por, pelo menos, um mês em, pelo menos, três das seguintes condições funcionais: agachar por tempo prolongado; subir ou descer escadas; ajoelhar; correr; permanecer muito tempo sentado; contrair isometricamente o músculo quadríceps e durante a prática de esportes com uma intensidade de três ou mais na EVA; 2) relatar dor ao realizar os seguintes testes funcionais: descida de um degrau de 20 cm de altura; agachamento bipodal com os joelhos fletidos a 90°; 3) ter, pelo menos, três dos sinais e sintomas clínicos, tais como: teste de compressão da articulação fêmoro-patelar positivo; crepitação patelar; aumento do ângulo Q; pronação subtalar excessiva; patela alta (análise radiográfica); retração do trato iliotibial (teste de Ober ou Noble positivo); dor à palpação das bordas patelares; torção tibial externa; mau-alinhamento patelar (patela medializada ou lateralizada); presença de hipo ou hiper mobilidade patelar e sinal da baioneta positivo; 4) demonstrar aceitação ao uso de corrente elétrica.

Não foram incluídas no estudo as voluntárias que apresentaram: história recente de cirurgia no joelho (nos últimos três meses); subluxação/deslocamento; evidência clínica de lesão meniscal ou instabilidade ligamentar; casos de patologia do tendão patelar; dano da cartilagem; osteoartrite e as que tivessem realizado fisioterapia prévia por pelo menos seis meses.

Após a seleção, as voluntárias foram informadas sobre os objetivos da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido para participação no experimento. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente (SP), Brasil (Processo nº 026/2005).

Procedimentos

As voluntárias realizaram o teste funcional de subir degrau com o membro afetado pela SDPF com velocidade autocontrolada para captação da atividade eletromiográfica dos músculos VMO e VL, antes e após um programa de estimulação elétrica do músculo VMO.

Para a realização do teste funcional, antes do programa de eletroestimulação, as voluntárias realizaram uma familiarização com a atividade de subir e descer escadas e, em seguida, foi realizada a preparação da pele para a colocação dos eletrodos, que consistiu em tricotomia, limpeza com álcool hidratado e leve abrasão com uma lixa fina^{17,18}.

Na determinação do local de fixação dos eletrodos, a voluntária foi posicionada em decúbito dorsal, e foi traçada uma linha, partindo da espinha íliaca ântero-superior ao centro da patela, a qual serviu de referência para a medida dos ângulos de inclinação dos músculos. Para o VMO, foi marcado um ponto sobre o ventre do músculo a 4 cm acima da borda súpero-medial da patela e orientado no ângulo de 55°^{19,20}. Para o VL, a marcação foi feita 15 cm acima da borda súpero-lateral da patela, com inclinação de 13,6°²¹.

Os eletrodos foram posicionados de modo que as superfícies de detecção estivessem orientadas no sentido do comprimento das fibras musculares²², e o eletrodo de referência foi colocado na face anterior do punho.

Após o processo de preparação, deu-se início ao teste de subir o degrau com a voluntária posicionada de frente para a escada, partindo da posição ortostática. Ela iniciava o movimento com a flexão do membro com SDPF, apoiando-o sobre o primeiro degrau, seguida da extensão em apoio unipodal. Num movimento contínuo, o membro não acometido apoiava-se no segundo degrau, terminando assim a subida em extensão completa dos joelhos. Durante essa atividade, a voluntária foi orientada a subir o degrau com intervalo de 10 segundos entre cada teste, num total de 20 ensaios consecutivos.

Após a coleta da atividade elétrica dos músculos VMO e VL, deu-se início ao programa de estimulação elétrica. As voluntárias receberam eletroestimulação no músculo VMO do membro acometido por meio de dois eletrodos colocados sobre ele, sendo um deles sobre o ponto motor e o outro imediatamente ao lado, no sentido longitudinal da fibra.

O programa de estimulação do músculo VMO foi realizado três vezes por semana, durante um período de seis semanas (18 sessões). A corrente utilizada apresentava as seguintes características: corrente bipolar assimétrica, com largura de pulso de 0,5 milissegundos e frequência de pulsos de 50 Hz. A duração inicial de cada sessão de estimulação foi de 7 minutos (seis repetições, com tempo *on* de 6 segundos por 12 segundos de tempo *off*), progredindo até 30 minutos (11 repetições, com

tempo *on* de 10 segundos por 20 segundos de tempo *off*) ao final do programa de estimulação. A intensidade de corrente empregada foi a máxima suportada pela voluntária, sem presença de dor no momento da contração. Durante a estimulação, as mulheres foram posicionadas sentadas com apoio do tronco, pernas estendidas com leve flexão do joelho e musculatura do membro inferior totalmente relaxada, de forma que a contração eletricamente induzida do VMO ocorreu de forma isométrica e sem nenhuma ação voluntária.

Todas as pacientes cumpriram o protocolo de eletroestimulação dentro do cronograma previsto; e, três dias após a última sessão, o teste funcional de subir degrau pós-programa de eletroestimulação foi realizado, mantendo o mesmo protocolo de coleta anteriormente descrito.

Instrumentação

Utilizou-se um sistema de aquisição de sinais (marca Lynx® Tecnologia Eletrônica Ltda – São Paulo – Brasil), composto por dois eletrodos bipolares ativos de superfície, constituído de duas barras de prata pura de 10 mm de comprimento por 1 mm de largura cada, posicionadas paralelamente e separadas entre si por 10 mm, encapsuladas num molde de poliuretano. Os eletrodos apresentavam um circuito pré-amplificado com ganho de 20 ($\pm 20\%$), CMRR (“*common mode rejection ratio*”) >80 dB, impedância de $10^{12} \Omega // \%pF$, corrente de polarização de entrada de $30 \times 10^{-12} A$ e taxa de ruído do sinal <5 μV pp.

Na realização do teste funcional de subir degrau, usou-se uma escada constituída de uma plataforma de 60 cm de comprimento com dois degraus de 20 cm de altura em ambos os lados⁶. Utilizou-se ainda um dispositivo eletromecânico (sensor de pressão), posicionado no degrau da escada, para informar o momento do apoio do pé no degrau durante a subida.

Os eletrodos e o sensor de pressão foram conectados a um módulo condicionador de sinais, modelo MCS 1000 – V2, da Lynx, com 16 canais de entrada. No condicionador, os sinais analógicos eram filtrados com faixa de frequência de corte de 20 Hz a 500 Hz¹⁷, através de filtro analógico (tipo Butterworth, de 2ª ordem), e amplificados para um ganho final de 1000 vezes. O sistema ainda continha uma placa de conversão de sinal analógico para digital (A/D) modelo CAD 12/36 de 12 bites de resolução, configurado para frequência de amostragem de 1000 Hz. O programa de aquisição de sinais AQDADOS, versão 5.0, serviu como software integrador.

Para a realização do programa de eletroestimulação, utilizou-se o equipamento Nemesys 941 (marca Quark® – Produtos Médicos, Piracicaba – SP/Brasil), cujos parâmetros de corrente foram testados em um osciloscópio (modelo 112 da marca Degem® Systems – Degem Systems Holdings LTD).

Seleção e processamento do sinal eletromiográfico

O primeiro passo após a coleta foi selecionar visualmente os 10 melhores traçados eletromiográficos dos 20 obtidos de cada voluntária e, em seguida, determinar uma janela para análise dos músculos VMO e VL, usando a informação do sensor de pressão no degrau. O segundo passo foi submeter os sinais selecionados à rotina elaborada em ambiente Matlab para a determinação de três variáveis do sinal: 1) início da ativação muscular, 2) tempo entre o início e o pico da ativação muscular e 3) integral do sinal.

Na rotina, os traçados eletromiográficos selecionados foram inicialmente submetidos à retificação total do sinal, envoltória linear com filtro passa-baixa de 50 Hz (Butterworth de 6ª ordem). Posteriormente, o algoritmo identificou o ponto no qual o sinal desviou da linha de base (obtida em 200 ms antes do início da atividade) mais do que três desvios-padrão, por um tempo mínimo de 25 ms²³, determinando o início de ativação muscular, identificou também o pico de ativação e calculou a área da curva do sinal (integral do sinal). Após a definição dos tempos de início, pico de ativação e integral do sinal dos músculos VMO e VL, foram obtidos os seguintes valores: 1) valor da diferença do tempo de início de ativação, subtraindo o valor do VMO pelo valor do VL (VMO-VL), em milissegundos; 2) valor da razão de início até o pico de ativação, dividindo o tempo do VMO pelo VL (VMO/VL) e 3) valor da razão da integral do sinal, dividindo o valor da integral do VMO pela integral do VL (VMO/VL).

Todas as análises realizadas foram comparativas, considerando os dados obtidos antes e após o programa de eletroestimulação do músculo VMO para as três variáveis do sinal de EMG-S. Para as análises das variáveis relação do tempo do início até o pico de ativação e razão da integral do sinal, foi

utilizado o teste t para amostras dependentes e, na análise da variável diferença de início de ativação muscular, foi utilizado o teste de Wilcoxon, com nível de significância de $p \leq 0,05$.

Resultados

De acordo com a Tabela 1, nota-se que não foram observadas diferenças estatisticamente significantes para os valores da diferença de início de ativação e da razão do tempo do início até o pico de ativação entre VMO e VL antes e após o programa de eletroestimulação ($P > 0,05$). Entretanto, diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) foi observada na análise da razão da integral do sinal de EMG-S entre VMO e VL.

Como o valor da razão da integral do sinal entre os músculos VMO e VL não mostra em qual músculo ocorreu alteração, a análise do comportamento eletromiográfico separadamente, para cada um deles, é apresentada na Tabela 2 (teste de Wilcoxon).

Analisando a Tabela 2, nota-se que ocorreu alteração nos valores da integral do sinal de EMG-S após o programa de eletroestimulação do VMO tanto para o músculo VL como para o VMO, cujas diferenças foram estatisticamente significantes ($p < 0,01$). No entanto, verifica-se que a alteração ocorreu de forma diferente entre eles, com o VL apresentando diminuição na ativação enquanto o VMO apresentou significativo aumento após programa de eletroestimulação.

Discussão

Os resultados mostraram que, após o treinamento do músculo VMO, não ocorreu alteração no comportamento eletromiográfico relativo ao tempo de início de ativação e do tempo de início até o pico de ativação entre os músculos VMO e VL,

Tabela 1. Valores de mediana e da média das variáveis do sinal de EMG-S dos músculos vasto medial oblíquo (VMO) e vasto lateral (VL) durante o teste de subida do degrau das pacientes com síndrome da dor fêmoro-patelar (n=10).

Variável	Momento de avaliação		Resultado do teste
	Antes	Após	
Diferença do início de ativação (VMO - VL)*	-1,90±28,90	-0,95±26,30	p=0,770
Razão início-pico de ativação (VMO/VL)**	0,94±0,12	1,01±0,18	p=0,278
Razão da integral do sinal (VMO/VL)**	0,89±0,30	1,82±0,69	p=0,002

*=valores da mediana; **=valores da média.

Tabela 2. Valores da integral do sinal de EMG-S ($\mu V.s$) dos músculos vasto medial oblíquo (VMO) e vasto lateral (VL) durante o teste de subida do degrau das pacientes com síndrome da dor fêmoro-patelar (n=10).

Músculos	Momento de avaliação		Resultado do teste
	Antes	Após	
VMO	17024	28652	p<0,0001
VL	20201	18072	p=0,0030

ou seja, não ocorreu alteração no controle motor relativo ao momento em que os músculos são ativados para a realização do teste de subida no degrau. Entretanto, o comportamento relativo à integral do sinal demonstrou que a quantidade de energia utilizada pelo VMO para a realização da atividade de subida do degrau aumentou significativamente, mostrando que, após o treinamento muscular, ocorreram mudanças na capacidade de geração da força empregada na realização da atividade.

O momento de ativação muscular parece ter importante papel no equilíbrio das forças musculares resultantes ao iniciar o movimento de extensão do joelho, e a análise da diferença de início de ativação entre esses dois músculos tem sido o parâmetro eletromiográfico mais utilizado^{6,14,19,20,24-27}.

Contrapondo nossos resultados, evidências de alteração nas características temporais (tempo de início de ativação) após intervenção terapêutica foram mostradas nos trabalhos de Cowan, Bennel e Hodges⁶ após o uso do *taping* patelar, e Cowan et al.¹⁴, após programa de tratamento baseado na proposta de McConnell⁷.

Já o tempo de início até o pico de ativação é um parâmetro eletromiográfico que mostra como cresce a amplitude do sinal, e que foi incluído neste trabalho após algumas análises realizadas em estudo piloto que mostrou pico de ativação em instantes não necessariamente semelhantes entre os músculos. Embora não se tenha encontrado nenhum estudo empregando esse parâmetro, acredita-se que tal análise complementar a análise do início de ativação muscular, já que o momento em que cada músculo atinge sua máxima ativação poderia ter influência nas forças resultantes sobre o movimento da patela.

O parâmetro eletromiográfico representado pela integral do sinal, que indica a quantidade total de energia utilizada pelo músculo durante a atividade, tem sido comumente empregado para análise porque tem relação com a força muscular empregada pelo músculo na realização de determinada tarefa^{15,27-30}.

Embora exista consenso sobre o uso da eletroestimulação para melhora da resistência e da força muscular, poucos são os trabalhos sobre seu efeito na SDPF^{9-13,30}. Especificamente com relação à eletroestimulação do VMO, todos os trabalhos mostraram benefícios, tais como: prevenção do deslocamento patelar em portadores de instabilidade patelar crônica⁹; melhora na dor, força muscular e na medida da área de secção transversa¹⁰; reabilitação de pacientes após artroplastia total do joelho por meio da análise da velocidade da marcha³⁰; aumento na ativação do VMO imediatamente após a eletroestimulação¹¹.

Dentre os estudos acima citados, apenas Callaghan e Oldham¹³ e Augusto et al.¹¹ empregaram a EMG-S para avaliar os efeitos da eletroestimulação na SDPF (análise da fadiga eletromiográfica e relação da integral do sinal, respectivamente).

Os resultados observados no comportamento da integral do sinal deste estudo estão de acordo com Augusto et al.¹¹, que atribuíram a maior ativação do VMO após eletroestimulação à melhora da capacidade de gerar força ou à alteração no controle motor relativo à quantidade de recrutamento de unidades motoras.

Com relação à capacidade aumentada de geração de força, Werner et al.¹⁰ demonstraram que, após 10 semanas de treinamento com eletroestimulação no VMO, duas vezes ao dia, tanto a área de secção transversa como o torque do membro inferior tratado aumentaram significativamente. Embora o volume de treinamento neste estudo tenha sido menor, a possibilidade da melhora da energia (integral do sinal) observada pode estar relacionada a um melhor condicionamento muscular.

Outro aspecto a ser considerado é a melhora no recrutamento muscular em razão da melhora na dor relatada pela maioria das pacientes, já que se sabe que a dor gera inibição reflexa e queda no desempenho muscular¹¹. A questão, nesse caso, seria compreender o motivo de a inibição ocorrer apenas no VMO dessas pacientes portadoras da SDPF. Embora ainda não exista explicação, a hipótese mais aceita para o desequilíbrio neuromuscular entre VMO e VL é a atrofia do VMO⁶, que levaria à trajetória lateral excessiva da patela predispondo à dor por sobrecarga¹, criando assim ciclo vicioso de dor – atrofia – dor. Portanto, acredita-se que o efeito positivo do programa de eletroestimulação do VMO sobre a integral do sinal pode ter relação com a melhora da dor de grande parte das pacientes envolvidas nesta pesquisa. Entretanto, uma importante limitação deste estudo foi a falta de adequada avaliação clínica da dor após a intervenção, uma vez que as informações a respeito da melhora da dor pelas pacientes foram obtidas sem um adequado protocolo.

Considerando que o efeito positivo do programa de eletroestimulação pode ser notado em um dos parâmetros eletromiográficos que compõem a análise do comportamento do controle motor para os estabilizadores da patela, e que tal efeito parece estar relacionado à capacidade de o VMO gerar força, entende-se que o uso da eletroestimulação deve ser considerado no sentido de complementar a abordagem terapêutica conservadora em portadores da SDPF e a análise da integral do sinal de EMG-S deve ser usada como instrumento de avaliação.

Agradecimentos : : : .

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio concedido sob processo nº 05/56496-8.

Referências

- Fulkerson JP. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *Am J Sports Med.* 2002;30(3):447-56.
- Green ST. Patellofemoral syndrome. *J Bodyw Mov Ther.* 2005;9:16-26.
- Hilyard A. Recent developments in the management of patellofemoral pain: The McConnell Programme. *Physiotherapy.* 1990;76(9):559-65.
- 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(10):1441-5.
- Roostayi MM, Bagheri H, Moghaddam ST, Firooznia K, Razi M, Hosseini M, et al. The effects of vacuumic bracing system on the patellofemoral articulation in patients with patellofemoral pain syndrome. *Complement Ther Clin Pract.* 2009;15(1):29-34.
- Cowan SM, Bennel KL, Hodges PW. Therapeutic patellar taping changes the timing of vasti muscle activation in people with patellofemoral pain syndrome. *Clin J Sport Med.* 2002;12(6):339-47.
- McConnell J. Management of patellofemoral problems. *Man Ther.* 1996;1(2):60-6.
- McCarthy Persson U, Fleming HF, Caulfield B. The effect of a vastus lateralis tape on muscle activity during stair climbing. *Man Ther.* 2009;14(3):330-7.
- Bohannon RW. Effect of electrical stimulation to the vastus medialis muscle in a patient with chronically dislocating patellae. A case report. *Phys Ther.* 1983;63(9):1445-7.
- Werner S, Arvidsson H, Arvidsson I, Eriksson E. Electrical stimulation of vastus medialis and stretching of lateral thigh muscles in patients with patello-femoral symptoms. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1993;1(2):85-92.
- Augusto DDA, Ventura PP, Nogueira JFS, Brasileiro JS. Efeito imediato da estimulação elétrica neuromuscular seletiva na atividade eletromiográfica do músculo vasto medial oblíquo. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2008;10(2):155-60.
- Bily W, Trimmel L, Mödlin M, Kaider A, Kern H. Training program and additional electric muscle stimulation for patellofemoral pain syndrome: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(7):1230-6.
- Callaghan MJ, Oldham JA. Electric muscle stimulation of the quadriceps in the treatment of patellofemoral pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(6):956-62.
- Cowan S, Bennel K, Crossley K, Hodges PW, McConnell J. Physical therapy alters recruitment of the vasti in patellofemoral pain syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(12):1879-85.
- 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 Fisioter Univ São Paulo.* 2001;8(1):1-10.
- Sacco Ide C, Konno GK, Rojas GB, Arnone AC, Pássaro Ade C, Marques AP, et al. Functional and EMG responses to a physical therapy treatment in patellofemoral syndrome patients. *J Electromyogr Kinesiol.* 2006;16(2):167-74.
- Acierno SP, Baratta RV, Solomonow M. A practical guide to electromyography for biomechanics. New Orleans: Louisiana State University; 1995.
- Hermens HJ. European recommendations for surface electromyography: Results of the SENIAM Project. Netherlands: Roessingh Research and Development; 1999.
- Cowan SM, Bennel KL, Hodges PW, Crossley KM, McConnell J. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(2):183-9.
- Crossley KM, Cowan SM, Bennel KL, McConnell J. Knee flexion during stair ambulation is altered in individuals with patellofemoral pain. *J Orthop Res.* 2004;22(2):267-74.
- Bevilaqua-Grossi D, Monteiro-Pedro V, Sousa GC, Silva Z, Bérzin F. Contribution to the anatomical study of the oblique portion of the vastus lateralis muscles. *Braz J Morphol Sci.* 2004;21(1):47-52.
- Deluca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13:135-63.
- Cowan SM, Bennel KL, Hodges PW. The test-retest reliability of the onset of concentric and eccentric vastus medialis obliquus and vastus lateralis electromyographic activity in a stair stepping task. *Phys Ther Sport.* 2000;1:129-36.
- Gilleard W, McConnell J, Parsons D. The effect of patellar taping on the onset of vastus medialis obliquus and vastus lateralis muscle activity in persons with patellofemoral pain. *Phys Ther.* 1998;78(1):25-32.
- Crossley KM, Bennel K, Green S, McConnell J. A systematic review of physical interventions for patellofemoral pain syndrome. *Clin J Sport Med.* 2001;11(2):103-10.
- Christou EA. Patellar taping increases vastus medialis oblique activity in the presence of patellofemoral pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(4):495-504.
- Andrade PH, Bevilaqua-Grossi D, Bérzin F, Gil I, Pedro VM. Comparação da atividade elétrica dos músculos vasto medial oblíquo e vasto lateral oblíquo em indivíduos com disfunção fêmoro-patelar. *Rev Fisioter Univ São Paulo.* 2001;8(2):65-71.
- Pulzatto F, Gramani-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 saudáveis e portadores da síndrome da dor femoropatelar. *Acta Ortop Bras.* 2005;13(4):168-70.
- Coqueiro KR, Bevilaqua-Grossi D, Bérzin F, Soares AB, Candolo C, Monteiro-Pedro V. Analysis on the activation of the VMO and VLL muscle during semisquat exercises with and without hip adduction in individuals with patellofemoral pain syndrome. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(6):596-603.
- 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. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(12):1850-3.