

ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA NA SÍNDROME DA DOR FEMOROPATELAR: REPRODUTIBILIDADE, PRECISÃO E CAPACIDADE DE DIFERENCIAÇÃO

D. Ferrari*, N. Alves***, M.F. Pazzinatto**, D. O. Silva**, N. C. S. Faria**, H.U. Kuriki*** e F.M. Azevedo**

*Universidade de São Paulo – Programa de Pós-graduação Interunidades Bioengenharia – EESC/FMRP/IQSC - USP, São Carlos, Brasil

** Universidade Estadual Paulista FCT/UNESP, Presidente Prudente, Brasil

***Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, Brasil

e-mail: deisiferrari@usp.br

Resumo: Apesar da síndrome da dor femoropatelar (SDFP) apresentar alta incidência, sua etiologia permanece obscura. Acredita-se que uma das causas da SDFP seja um desequilíbrio na atividade dos músculos vasto medial (VM) e vasto lateral (VL), porém são escassos os estudos que investigam parâmetros eletromiográficos no domínio da frequência destes músculos e os parâmetros do domínio do tempo mostram-se controversos na literatura. Portanto, o objetivo foi investigar a reprodutibilidade, precisão e a capacidade de diferenciação de diferentes parâmetros do domínio do tempo e da frequência do sinal EMG para caracterização da SDFP. Foram avaliadas 29 mulheres saudáveis e 22 mulheres com SDFP. Os sinais eletromiográficos foram obtidos durante o gesto funcional de subida de escada e os músculos analisados foram o VM e o VL. As variáveis eletromiográficas foram submetidas a análises de reprodutibilidade, ICC2,k (coeficiente de correlação intraclass) e EPM (erro padrão da medida). Realizou-se também o teste t para amostras independentes. Os resultados revelaram que os parâmetros EMG do domínio da frequência apresentaram ICC entre 0.63 e 0.91 e EPM entre 20% e 49%. Os parâmetros do domínio do tempo mostraram valores de ICC entre 0.29 e 0.80 e EPM entre 32% e 71%. Dentre todos os parâmetros analisados, apenas a banda de média frequência apresentou diferença estatística significativa na comparação entre grupos ($p < 0.05$). Portanto, concluiu-se que os parâmetros no domínio da frequência são mais reprodutíveis e precisos que os parâmetros do domínio do tempo, e a banda de média frequência foi capaz de caracterizar a SDFP para ambos os músculos.

Palavras-chave: Eletromiografia, síndrome da dor femoropatelar, domínio do tempo e da frequência.

Abstract: Although patellofemoral pain syndrome (PFPS) has high incidence, its etiology remains unclear. It is believed that one cause of PFPS is an imbalance in the activity of the vastus medialis (VM) and vastus lateralis (VL), but there are few studies that investigate electromyographic parameters in the frequency domain

of these muscles and the parameters of the time domain are controversial. Therefore, the aim was to investigate the reliability, precision and the differentiation capacity of parameters of the time and frequency domain of the EMG signal for characterization of PFPS. 29 healthy women and 22 women with PFPS were assessed. The EMG signals were obtained during the functional task of stair climbing and VM and VL muscles were analyzed. The ICC2,k (intraclass correlation coefficient) and SEM (standard error of measurement) were calculated to measure the reliability of each electromyographic variables. The independent t test was also performed. The results revealed that the EMG parameters of the frequency domain showed ICC values from 0.63 to 0.91 and SEM values from 20% to 49%. The parameters of time domain showed ICC values from 0.29 to 0.80 and SEM from 32% to 71%. Among all parameters analyzed, only the medium frequency band showed a significant difference in the comparison between groups ($p < 0.05$). Therefore, the parameters in the frequency domain are more reliable and precise than the parameters in the time domain, and the medium frequency band has been able to characterize the PFPS for both muscles.

Keywords: Electromyography, patellofemoral pain syndrome, time and frequency domain.

Introdução

A síndrome da dor femoropatelar (SDFP) é caracterizada como dor anterior ao joelho que se exacerba em algumas atividades funcionais como subida e descida de escada, agachamentos, permanecer sentado por tempo prolongado, dentre outras atividades de vida diária [1]. Esta patologia compreende 25 a 40% de todos os problemas de joelhos tratados em clínicas ortopédicas e acomete 1 em cada 4 sujeitos fisicamente ativos [2]. Sua incidência é de 2.23 vezes maior em mulheres que em homens [3] e o seu prognóstico pode estar associado com o desenvolvimento de osteoartrites e bursites [4].

Apesar da alta incidência e acometimentos físicos e funcionais que a SDFP provoca, não existe um consenso

quanto ao seu diagnóstico nem quanto aos fatores etiológicos [5]. Uma das hipóteses aceitas para justificar a SDFP é a de que existe uma alteração no controle neuromuscular dos músculos vasto medial e vasto lateral. Neste contexto, parâmetros do domínio do tempo do sinal EMG tem sido amplamente reportados na literatura [6]. Entretanto, os resultados são conflitantes e a SDFP permanece com suas causas indefinidas. Uma alternativa seria investigar parâmetros no domínio da frequência do sinal EMG no estudo da SDFP [7], pois alterações na ativação ou inibição muscular refletem em mudanças nas propriedades espectrais do eletromiograma [8]. De acordo com Lankorst (2012), 94 parâmetros EMG dos músculos VM e VL foram estudados [9]. No entanto, não existe um consenso sobre qual é o melhor parâmetro que caracteriza a SDFP. Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo investigar a reprodutibilidade, precisão e a capacidade de diferenciação de diferentes parâmetros do domínio do tempo e da frequência do sinal EMG para caracterização da SDFP.

Materiais e métodos

Amostra: constituiu-se de 51 mulheres divididas em dois grupos, o grupo controle (GC) e o grupo SDFP (GSDFP). O GC foi composto por 29 mulheres sem sinais e sintomas de SDFP com idade média de $20,42 \pm 2,33$ anos, peso médio de $57,94 \pm 8,51$ Kg e altura média de $1,64 \pm 0,05$ m. O GSDFP foi composto por 22 mulheres portadoras da SDFP, com idade média de $22,65 \pm 2,08$ anos, peso médio de $61,79 \pm 10,65$ Kg e altura média de $1,64 \pm 0,06$ m. A classificação dos sujeitos foi feita por três fisioterapeutas e os critérios de exclusão foram [7]: sinal ou sintoma de qualquer outra patologia no joelho, história recente (dentro de três meses) de cirurgia nessa articulação, história de subluxação patelar, lesão meniscal, instabilidade ligamentar, osteoartrose, patologia no tendão patelar, presença de doença neurológica, presença de processo inflamatório ou sintomas de overuse e fisioterapia prévia (pelo menos 6 meses). Todas as voluntárias assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FCT/UNESP (processo 16/2011).

Instrumentação: utilizou-se um eletromiógrafo modelo ADS 1000 - AC1160 da LYNX®. Para captar a atividade elétrica dos músculos VM e VL utilizou-se dois pares de eletrodos com superfície de captação de Ag/AgCl com 10mm de diâmetro. Os eletrodos foram posicionados de acordo com o ponto motor, priorizado o ventre muscular. Os sinais foram captados em uma frequência de amostragem de 4000Hz com um filtro digital passa-baixa de 500Hz e passa-alta de 20Hz, amplificados com um ganho final de 1000 vezes. Para o armazenamento e pré-tratamento dos sinais digitalizados foram utilizados os softwares AqDados 7.02 (LYNX®). A coleta do sinal eletromiográfico foi realizada durante o gesto funcional de subir escada. Para realização desta tarefa o indivíduo deveria subir sete degraus, sendo que no quarto degrau havia uma plataforma de força acoplada,

para detectar o momento exato que o indivíduo tocava o chão.

Processamento de sinais: Os sinais EMG foram processados em ambiente MatLab®. Aplicou-se a TDF (transformada de Fourier) para o cálculo da frequência mediana (Fmed). O espectro de potência normalizado foi dividido em 3 faixas denominadas de baixa (15 a 45Hz), média (45 a 96Hz) e alta frequência (96 a 400Hz) [7]. O *onset* foi calculado de maneira automática [10], visual e cross-correlation [11].

Análise Estatística: Realizou-se uma análise estatística descritiva, para as variáveis Fmed, banda de baixa frequência (B1), de média frequência (B2) e de alta frequência (B3) dos músculos VM e VL. Além disso, calculou-se o coeficiente de correlação intraclasse (ICC2,k) e o erro padrão da medida (EPM). Os valores de ICC2,k que compreendiam entre 0,00 a 0,25 – indicavam pequena reprodutibilidade, 0,26 a 0,49 – pobre reprodutibilidade, 0,50 a 0,69 – moderada reprodutibilidade, 0,70 a 0,89 – alta reprodutibilidade e 0,90 a 1,00 – reprodutibilidade muito alta [12]. O teste t para amostras independentes foi aplicado para comparação dos valores médios das variáveis entre os grupos.

Protocolo experimental: Os ensaios foram realizados em dois dias, com intervalo de 48h até 1 semana. Após a localização do ponto motor e preparação da pele os eletrodos foram posicionados nos músculos VM e VL. Para evitar a variabilidade do posicionamento dos eletrodos nos dois dias de coleta, foi utilizado um sistema de gabarito, referenciado por pontos anatômicos da patela e da espinha ilíaca antero-superior.

A tarefa de subida de escada foi realizada em ritmo auto-controlado, assemelhando-se à atividade funcional. Os participantes completaram 10 ensaios em cada dia.

Resultados

Na Tabela 1 e 2 estão representados os valores descritivos, de reprodutibilidade e de precisão dos parâmetros eletromiográficos do domínio do tempo e da frequência. Os parâmetros capazes de diferenciar o grupo controle do grupo portador da SDFP também estão representados nas tabelas.

Discussão

No presente estudo o sinal eletromiográfico dos músculos VM e VL foram investigados com o intuito de identificar um parâmetro capaz de caracterizar pacientes portadores da SDFP. Diante disso, os resultados revelaram que os parâmetros do domínio da frequência atenderam esse objetivo, pois mostraram-se reprodutíveis, precisos e capazes de diferenciar sujeitos portadores da SDFP daqueles assintomáticos, diferentemente dos parâmetros do domínio do tempo.

Tabela 1: Média, desvio padrão, ICC, EPM dos parâmetros eletromiográficos do domínio do tempo dos músculos VM e VL do grupo controle e do grupo SDFP

VM - VL	SDFP			GC		
	Onset (aut)	Onset (vis)	Onset (cc)	Onset (aut)	Onset (vis)	Onset (cc)
Dia 1 (M±DP)	26.9±10	18.4±10.8	6.2±4.8	24.9±14.2	16.6±9.8	6±7.5
Dia 2 (M±DP)	20.4±8.8	15.7±12.8	6.8±7.6	28.5±13.3	14.3±8.2	6.4±5.7
ICC	0.44	-0.3	0.29	0.57	0.80	0.65
EPM	4.56	12.10	4.62	10.64	5.08	4.38

Legenda 1: Onset (aut) - onset automático; onset (vis) - onset visual; onset (cc) - onset cross-correlation; M – média; DP – desvio padrão; ICC – coeficiente de correlação intraclass; EPM – erro padrão da medida; * indica diferença significativa ($p < 0.05$) na comparação entre os grupos apenas para o dia 1.

Tabela 2: Média, desvio padrão, ICC, EPM dos parâmetros eletromiográficos do domínio da frequência dos músculos VM e VL do grupo controle e do grupo SDFP

VM	SDFP				GC			
	FM (Hz)	B1 (u.n.)	B2 (u.n.)	B3 (u.n.)	FM (Hz)	B1 (u.n.)	B2 (u.n.)	B3 (u.n.)
Dia 1 (M±DP)	57.4±12.4	47.8±12.1*	32.9±8.4*	1.76±1.2	52.7±8	55.6±10.5*	28.2±5*	1.4±0.7
Dia 2 (M±DP)	55.8±8.1	49.8±11.4	32.8±8	1.59±0.8	51.3±7.4	56±8.5	27.7±4.6	1.4±0.6
ICC	0.82	0.85	0.90	0.63	0.83	0.87	0.81	0.91
EPM	5.8	5.83	3.52	0.79	4.05	4.53	2.71	0.28
VL								
Dia 1 (M±DP)	56.7±12.9	48.1±11.1	31.9±7.2*	1.8±1.3	53.7±11.8	54.9±12.9	25.8±4.93*	1.8±1.1
Dia 2 (M±DP)	56.1±10.5	49.2±11.4	31.4±7.9	1.8±1	55.5±12.4	52.6±12.6	26.2±4.7	2±1.1
ICC	0.89	0.73	0.85	0.88	0.85	0.84	0.80	0.91
EPM	5.25	7.43	3.87	0.54	6.16	6.58	2.81	0.45

Legenda 2: FM – frequência mediana; B1 – banda de baixa frequência; B2 – banda de média frequência; B3 – banda de alta frequência; u.n. – unidade normalizada; M – média; DP – desvio padrão; ICC – coeficiente de correlação intraclass; EPM – erro padrão da medida; * indica diferença significativa ($p < 0.05$) na comparação entre os grupos apenas para o dia 1.

De acordo com a literatura a dor é um dos fatores causadores de inibição muscular [13] e segundo Van Tschamer (2010), tais alterações musculares podem ser visualizadas em propriedades espectrais de um eletromiograma [8]. Assim, acredita-se que esta seja uma possível explicação para a diferenciação dos sujeitos com SDFP daqueles assintomáticos, evidenciada pelos parâmetros da frequência, uma vez que a dor é o principal sintoma dessa patologia.

Em relação ao onset, a literatura é bastante controversa. Alguns autores afirmam que existe diferença de onset em sujeitos com SDFP enquanto outros não evidenciam estas diferenças. O presente estudo, testou três técnicas de processamento e ambas não apresentaram

diferença estatística significativa na comparação entre grupos. Além disso, as medidas de reprodutibilidade foram relativamente baixas, colocando em dúvida a utilização deste parâmetro para caracterizar a SDFP.

Conclusão

Os resultados revelaram que os parâmetros do domínio da frequência são mais reprodutíveis e precisos quando comparados com parâmetros do domínio do tempo. Ressalta-se também que o parâmetro B2 do domínio da frequência foi capaz de diferenciar portadores da SDFP daqueles assintomáticos. Portanto, observa-se que os parâmetros do domínio da frequência

são os parâmetros eletromiográficos mais adequados para caracterização de pacientes com SDFP.

Agradecimentos

À FAPESP pelo apoio concedido sob o processo nº 2011/04808-7

Referências

- [1] Powers CM, Bolgia L a, Callaghan MJ, Collins N, Sheehan FT. Patellofemoral pain: proximal, distal, and local factors, 2nd International Research Retreat. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012;42:A1–54.
- [2] Fagan V, Delahunt E. Patellofemoral pain syndrome: a review on the associated neuromuscular deficits and current treatment options. *Br J Sports Med* 2008;42:789–95.
- [3] Boling M, Padua D, Marshall S, Guskiewicz K, Pyne S, Beutler A. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scand J Med Sci Sports* 2011;20:725–30.
- [4] Pappas E, Wong-Tom WM. Prospective Predictors of Patellofemoral Pain Syndrome: A Systematic Review With Meta-analysis. *Sports Health* 2012;4:115–20.
- [5] Nunes GS, Stapait EL, Kirsten MH, de Noronha M, Santos GM. Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis. *Phys Ther Sport* 2013;14:54–9.
- [6] Cavazzuti L, Merlo A, Orlandi F, Campanini I. Gait & Posture Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Gait Posture* 2010;32:290–5.
- [7] Ferrari D, Kuriki HU, da Silva CR, Alves N, Mícolis de Azevedo F. Diagnostic accuracy of the EMG parameters associated with anterior knee pain in the diagnosis of patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2014.
- [8] Von Tscharnher V, Valderrabano V. Classification of multi muscle activation patterns of osteoarthritis patients during level walking. *J Electromyogr Kinesiol* 2010;20:676–83.
- [9] Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SM a, van Middelkoop M. Factors associated with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Br J Sports Med* 2012;47:193–206.
- [10] Cowan SM, Bennell 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;82:183–9.
- [11] Uliam Kuriki H, Mícolis de Azevedo F, de Faria Negrão Filho R, Alves N. Comparison of different analysis techniques for the determination of muscle onset in individuals with patellofemoral pain syndrome. *J Electromyogr Kinesiol* 2011;21:982–7.
- [12] Kellis E, Katis A. Reliability of EMG power-spectrum and amplitude of the semitendinosus and biceps femoris muscles during ramp isometric contractions. *J Electromyogr Kinesiol* 2008;18:351–8.
- [13] Park J, Hopkins JT. Induced anterior knee pain immediately reduces involuntary and voluntary quadriceps activation. *Clin J Sport Med* 2013;23:19–24.