

Artigo original

Estudo eletromiográfico da atividade concêntrica e excêntrica do quadríceps em portadores de osteoartrite de joelhos

Electromyographic study of concentric and eccentric activity of the quadriceps in subjects with knee osteoarthritis

Leonora Castro Tenório, Ft.*, Roberto Santos Medina, Ft. M.Sc.**, Claudia Diniz Lopes Marques, D.Sc.***

.....
*Pós-graduada em terapia Manual pela Faculdade Integrada do Recife – FIR, **Docente da Faculdade Integrada do Recife – FIR, Especialista em eletromiografia e biofeedback, ***Médica Reumatologista, Docente da Faculdade Integrada do Recife – FIR

Resumo

A fraqueza do músculo quadríceps é um fator ofensivo na osteoartrite (AO), contribuindo para o desenvolvimento e agravamento do dano articular. Os objetivos deste estudo foram avaliar diferenças no recrutamento dos músculos que compõem o quadríceps (vasto medial oblíquo – VMO, reto femoral – RF e vasto lateral – VL) durante a atividade concêntrica (subida) e excêntrica (descida), em mulheres portadoras de OA nos joelhos, comparado com um grupo saudável. Foram estudadas 60 mulheres, idade acima de 40 anos, divididas em dois grupos: um grupo com OA (GOA), com 32 voluntárias e o grupo de comparação (GC), composto de 28 pessoas. Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes no recrutamento muscular nos dois grupos, com exceção da subida e descida do segundo degrau. Apesar de não encontrar diferenças no recrutamento dos dois grupos, estudos futuros utilizando uma metodologia que permita comparar recrutamento e força muscular, são necessários para comprovar esta relação.

Palavras-chave: eletromiografia, quadríceps, osteoartrite, joelho.

Abstract

The quadriceps weakness is a risk factor for osteoarthritis (OA), which contributes to the development and joint impairment aggravation. The aim of this study was to evaluate the differences of recruitment of the quadriceps muscles (vastus medialis oblique – VMO, rectus femoris – RF, vastus lateralis – VL) during the concentric activation (ascending) and eccentric (descending), in women with OA on the knees, comparing with a healthy group. Sixty women over forty years were evaluated and divided into two groups: a group of osteoarthritis (GOA), with 32 subjects and the control group (GC), with 28 people. It was not observed statistical differences on muscle recruitment of both groups, except on ascending and descending the second step stairs. Although it was not observed differences on the recruitment of both groups, future studies using a methodology that enable to compare the relationship between recruitment and muscle strength are needed.

Key-words: electromyography, quadriceps, osteoarthritis, knee.

Recebido em 7 de maio de 2008; aceito em 10 de outubro de 2009.

Endereço para correspondência: Leonora Castro Tenório, Rua Barão de Souza Leão, 626 Boa Viagem, 51030-300 Recife PE, Tel: (81) 8879-4509, E-mail: lectenorio@yaboo.com.br

Introdução

Embora tenha sido por muito tempo considerada uma doença benigna, a osteoartrite (OA) é caracterizada por alterações degenerativas importantes, principalmente nas articulações que suportam peso, podendo causar séria incapacidade, mesmo para atividades do dia a dia, tornando-a uma doença crônica extremamente dispendiosa para a sociedade, tanto do ponto de vista humano como do financeiro [1,2].

A OA responde por 40 a 60% das doenças degenerativas do sistema músculo-esquelético, sendo considerada a patologia articular mais comum. Acomete cerca de 15% da população geral e pode ocorrer em qualquer idade, porém a prevalência aumenta dramaticamente com o envelhecimento, com 60% dos casos aparecendo após os 60 anos. A maioria dos adultos com idade acima de 55 anos apresenta evidência radiográfica de OA, mesmo que assintomática. A incidência de OA de joelhos varia de 164 a 240/100.000 pessoas/ano, sendo mais comum no sexo feminino. Na coorte Framingham, mulheres (média de idade de 71 anos) desenvolveram OA radiográfica de joelhos numa frequência de 2% ao ano e OA sintomática nessa articulação de 1% ao ano, enquanto em homens as frequências foram 1,4 e 0,7%, respectivamente [2].

A OA de joelhos está associada com o quadro clínico de encurtamento muscular e conseqüente fraqueza do músculo quadríceps, além de alterações proprioceptivas, que podem contribuir para a patogênese ou progressão da doença pela piora do dano articular. Acredita-se que estas alterações ocorram como resultado de atrofia por desuso secundária a dor articular [3-6].

A fraqueza do músculo quadríceps femoral vem sendo relatada como um dos maiores problemas ocorridos nas diferentes áreas da reabilitação. Bastante tempo é gasto na recuperação funcional deste músculo, principalmente após trauma, cirurgias ou desordens articulares do joelho. Além disso, a fraqueza muscular predispõe a lesão, podendo ocorrer ciclos viciosos gerando incapacidades funcionais [7].

Durante a marcha, o quadríceps desempenha uma importante função na extensão do joelho, assim como na subida (atividade concêntrica) e descida de degraus (atividade excêntrica), associados a outros grupos musculares. Quando existem assimetria e desequilíbrio de forças musculares, pode ocorrer uma sobrecarga às estruturas do joelho aumentando ainda mais a dor e a redução da funcionalidade articular associada às limitações artrocinemáticas encontradas na OA [8].

Segundo Hurley e Newham [9], indivíduos assintomáticos portadores de OA, com RX alterado, raramente buscam serviço médico, por isso neste grupo a fraqueza muscular não é previamente estudada. Assim, não se sabe a procedência da fraqueza do quadríceps, se ela segue a dor, ou se é mediada pela atrofia por desuso ou pelos mecanismos fisiológicos que podem inibir a contração muscular.

A formação da contração muscular e a produção de forças são provocadas pela mudança relativa das posições de várias

moléculas ou filamentos no interior do arranjo muscular [9]. O deslizamento dos filamentos é provocado por um fenômeno elétrico conhecido como potencial de ação, que resulta da mudança no potencial de membrana que existe entre o interior e o exterior da célula muscular [10]. O registro dos potenciais de ação é denominado eletromiografia (EMG), um registro elétrico que está relacionado com a contração muscular [11].

A eletromiografia de superfície (EMGS) refere-se ao uso de instrumentação eletrônica não invasiva e segura que permite a visualização do início, da intensidade e do tipo de atividade muscular, no repouso e no movimento, através de padrões elétricos de resposta [2,9].

A avaliação eletromiográfica tem como objetivo quantificar e qualificar o recrutamento muscular, pois permite visualizar o sinergismo nos padrões energéticos, auxiliando na evolução do tratamento fisioterapêutico. Este recrutamento parece ser maior em músculos periarticulares de indivíduos portadores de OA do que em controles normais para tarefas similares, podendo ser desigual nos grupos individuais do músculo do quadríceps femoral. Esta diferença pode ser resultante da fraqueza muscular, da incoordenação neuromuscular ou da dor [12].

O presente estudo teve como objetivo avaliar se existe diferença no recrutamento de três fibras musculares que compõem o quadríceps (vasto medial obliquo – VMO, reto femoral – RF e vasto lateral –VL) durante a sua atividade concêntrica (subida) e excêntrica (descida), em mulheres portadoras de OA de joelhos, comparado com um grupo de mulheres saudáveis, da mesma faixa etária e correlacionar estes resultados com o nível de dor. O conhecimento do comportamento da atividade das diferentes unidades motoras em portadores de OA de joelhos poderia ajudar a definir o melhor protocolo fisioterapêutico, pois permitiria uma ação direta sobre o músculo comprometido, otimizando o tratamento.

Material e métodos

Amostra

A amostra foi composta por 60 indivíduos selecionados de acordo com os seguintes critérios de inclusão e exclusão conforme a Tabela I.

Tabela I - Critérios de inclusão e exclusão para os grupos GOA e o GC.

Critérios	Grupo com OA (GOA)	Grupo comparativo (GC)
	Sexo feminino	Sexo feminino
	Idade acima de 40 anos	Idade acima de 40 anos
Inclusão	Diagnóstico de OA de acordo com os critérios do ACR	Não apresentar dor ou patologias associadas nos joelhos
Exclusão	Incapacidade de subir e descer degraus	Incapacidade de subir e descer degraus

A população estudada foi dividida em dois grupos: um grupo com OA (GOA) composto por 32 pacientes portadoras de OA de joelhos, diagnosticado de acordo com os critérios do Colégio Americano de Reumatologia (ACR) [5] com uma faixa etária média de 65,2 anos, triadas no centro de reabilitação do Recife, e um grupo de comparação (GC), formado por 28 mulheres saudáveis, sem história pregressa de dor ou patologia no joelho, com faixa etária média de 49,2 anos, triadas no mesmo local do GOA.

A análise eletromiográfica foi realizada no Centro de Diagnóstico Lucilo Ávila Júnior, no setor de fisioterapia da unidade Boa Vista, em Recife-PE, no período de março a maio de 2006.

Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade Integrada do Recife – FIR, conforme Res. 196/96 do CNS. Todas as voluntárias foram esclarecidas sobre o estudo e em seguida, assinaram e receberam uma cópia do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) antes de qualquer procedimento do estudo.

Material

Foram utilizados o aparelho de EMGS de marca SRS, modelo Orion PC-12M, de fabricação norte-americana e o computador para análise dos dados foi de marca AMD ATHLON XP - 2.2 GHz, 256 MB. Os cabos selecionados foram os de conexão bipolar e pré-amplificados, com eletrodos descartáveis usados no eletrocardiograma da marca 3M, conectaram os cabos à pele previamente limpa da voluntária. Foram utilizados caneta esferográfica e goniômetro para fazer a marcação dos locais dos eletrodos, assim como álcool e papel-toalha para a assepsia da superfície muscular a ser analisada. Foi usada uma escada de dois degraus de ferro canulado para a realização da atividade solicitada, cada degrau com 18 cm de altura, 20 cm de profundidade e 39 cm de largura.

Método

Após leitura e assinatura do TCLE, as pacientes foram orientadas a respeito da atividade a ser executada e posteriormente receberam informações relativas à técnica não invasiva da eletromiografia de superfície. Em seguida, foram submetidas a uma avaliação composta por anamnese, histórias clínicas, escala visual analógica (EVA) de dor, de 0 a 10 cm [3]. Para análise estatística, os voluntários foram divididos em dois grupos: dor leve a moderada, quando a EVA foi entre 0 e 5 cm, e dor intensa, quando a EVA foi maior do que 5 cm. A classe funcional foi determinada através da Escala de Kirby [13]: (0) indivíduos completamente dependentes e necessita de auxílio para realizar tarefas; 1) indivíduos dependentes de assistência física, mas é capaz de ajudar na tarefa; 2) dependente, mas necessita de um suporte físico caso necessite de auxílio só para segurança; 3) independente com dispositivo

de auxílio só para segurança; 4) independente sem dispositivo de auxílio, realiza com uma velocidade adequada.

A realização do teste foi precedida por uma preparação do local de colocação dos eletrodos, seguindo o protocolo de Cowan [14]. No músculo RF os eletrodos foram colocados a 10 cm acima do pólo superior da patela evitando a região tendínea do músculo. O local de colocação dos eletrodos fixados foi sobre o ventre muscular do VMO pelo ângulo de 55° traçado da linha do fêmur em direção à parte medial do músculo quadríceps femoral. Quanto à colocação dos eletrodos do VL foi traçada uma linha da banda iliotibial até a borda lateral da patela e fixado no ventre do músculo à 15° da linha do fêmur em direção a parte lateral do músculo quadríceps femoral, com uma distância de 01 cm entre eles.

Figura 1 - Lugares de colocação das eletrodos.



A região dos músculos VMO, RF e VL foi limpa, no sentido crânio-caudal para a diminuição da impedância, evitou-se assim a concentração de eletricidade estática e abrasão da pele [2,10].

Os eletrodos foram conectados via cabo de conexão ao aparelho de EMGS utilizado no estudo. Em seguida estes eletrodos foram acoplados a uma conexão bipolar sobre os ventres do VMO, RF e VL, no membro inferior a ser analisado (Figura 1).

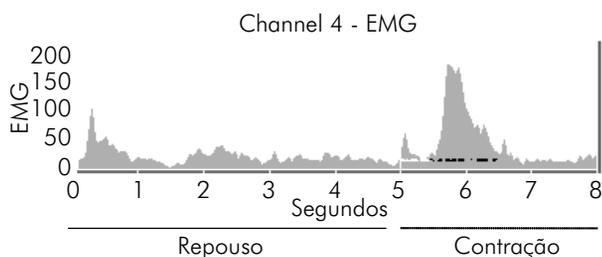
Durante a sessão as voluntárias receberam um comando verbal por intermédio do terapeuta, mas não tiveram acesso a nenhum estímulo visual ou auditivo fornecidos pelo aparelho, pois esse recurso foi usado exclusivamente como método de avaliação e não como meio capaz de incrementar o recrutamento de unidades motoras.

O protocolo realizado constou de subida e descida de uma escada de dois degraus, por esta ser uma atividade funcional da vida diária das pessoas e que necessita da ativação da contração do músculo quadríceps femoral para a sua execução. Este protocolo foi realizado, uma única vez, em cada indivíduo, durante uma sessão de EMGS, na qual foi avaliada a média da atividade elétrica muscular do VMO, RF e VL, no membro inferior acometido por OA nos joelhos no GOA e na perna dominante no GC.

A atividade ocorreu em dois momentos: subida, a qual foi subdividida em duas etapas: subida 1 (primeiro degrau) e subida 2 (segundo degrau) e a descida, também dividida

em duas etapas: descida 1 (primeiro degrau inversamente) e descida 2 (segundo degrau inversamente). Foi padronizado o tempo de 3 segundos para execução de cada etapa de subir e descer os degraus. No momento da subida a voluntária subiu o degrau com a perna que possuía os eletrodos e ao alcançar o segundo degrau, girou o corpo em 180° se posicionando para iniciar a descida com o membro inferior contralateral, analisando assim todo o trabalho concêntrico e excêntrico do músculo quadríceps femoral em carga (Figura 2).

Figura 2 - Gráfico da eletromiografia do quadríceps mostrando o recrutamento muscular no período de repouso antes de subir os degraus (0s – 5s) e o período de contração (5s – 8s) na subida do primeiro degrau. A partir do intervalo de contração foi calculada uma média de recrutamento desse período entre 5 a 8 segundos. Análise estatística



Foi realizada uma análise descritiva da atividade eletromiográfica dos músculos VMO, RF e VL durante as duas etapas de subida e de descida. Para comparar a existência de diferença nas médias de recrutamento muscular VMO, RF e VL, durante os testes de subida e posteriormente de descida, foram utilizadas uma ANOVA para medidas repetidas, com correção de Huynh-Feldt quando não verificada a suposição de esfericidade. Para comparar a diferença entre os recrutamentos musculares realizados por cada músculo avaliado entre casos e grupo de comparação, foi utilizado o teste *t-student* para amostras independentes, e, por fim, para comparar diferenças entre os recrutamentos musculares médios exercidos nas subidas e descidas, bem como entre as duas etapas de subidas e descidas e a relação do nível de dor e recrutamento muscular, foi utilizado o teste *t-student* para amostras pareadas. Todas as conclusões foram tomadas ao nível de significância de 5% ($p < 0,005$). Softwares utilizados Excel 2000 e SPSS 8.0.

Resultados

A amostra foi composta por dois grupos de indivíduos, um que apresenta diagnóstico de OA de joelhos (53,3%) e o outro formado por indivíduos saudáveis (46,7%). No GOA, 34,4% dos voluntários apresentavam dor leve a moderada, mensurada pela EVA, enquanto o restante (65,6%) apresentava dor considerada intensa.

O GOA apresentou classe funcional IV em todos os indivíduos, segundo a escala de Kirby [13]. Quanto à quantificação

da dor de acordo com a escala visual analógica de Borg [3], as voluntárias apresentaram média de $6,7 \pm 2,2$.

Os resultados da análise comparativa do recrutamento realizado por cada um dos músculos, durante as etapas de subida e descida, estão apresentados na tabela II. Nesta podemos observar que não há diferenças significantes quanto ao recrutamento realizado pelos músculos (VMO, RF e VL) em cada etapa (subida 1, subida 2, descida 1 e descida 2) do teste aplicado, tanto para os indivíduos portadores de OA de joelhos quanto para os indivíduos saudáveis.

Tabela II - Avaliação dos músculos vasto medial oblíquo, reto femoral e vasto lateral do grupo com osteoartrite (GOA) e Grupo Comparativo (GC) durante as duas etapas de subida e descida. ($p < 0,005$)

	GOA (n = -32)		GC (n = 28)		p-valor ¹
	Média	Desvio	Média	Desvio	
Subida 1					
VMO	41,5	22,3	43,0	15,6	
RF	47,0	24,4	47,4	27,8	
VL	43,5	18,8	40,9	11,7	0,315
Subida 2					
VMO	50,0	27,9	49,6	12,7	
RF	54,3	24,8	57,2	27,9	
VL	50,5	23,5	51,3	14,9	0,187
Descida 1					
VMO	39,5	19,7	42,7	17,2	
RF	43,0	18,9	43,1	20,3	
VL	42,3	20,8	39,8	12,4	0,589
Descida 2					
VMO	38,5	23,4	38,8	20,3	
RF	42,4	22,7	36,0	19,2	
VL	40,7	24,5	31,8	9,5	0,275

Os Gráfico 1 a 3 apresentam os resultados da análise comparativa dos recrutamentos realizados pelos músculos VMO, RF e VL entre GOA e GC nas etapas avaliadas. Nestas podemos verificar que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias dos recrutamentos realizados entre os dois grupos.

Gráfico 1 - Avaliação do músculo vasto medial oblíquo durante etapas de subida e descida entre GOA e GC.

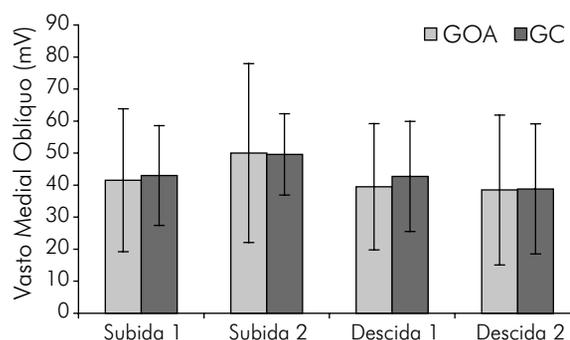


Gráfico 2 - Avaliação do músculo reto femoral durante etapas de subida e descida entre GOA e GC.

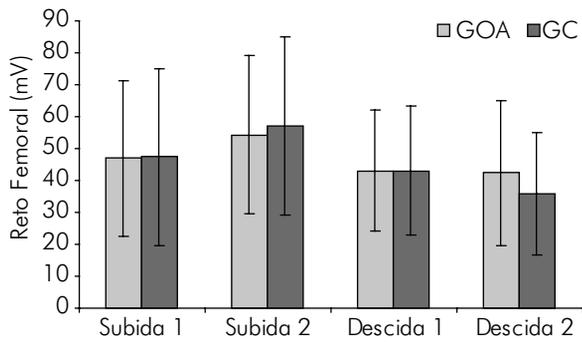
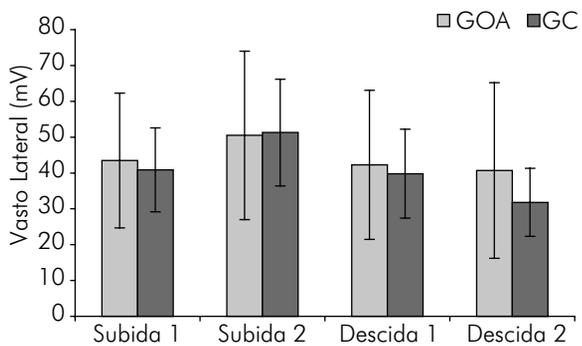
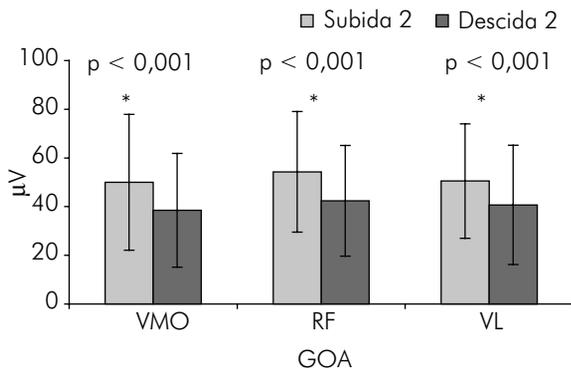


Gráfico 3 - Avaliação do músculo vasto lateral durante etapas de subida e descida entre GOA e GC.



O Gráfico 4 apresenta os resultados da análise comparativa entre subida e descida para os três músculos avaliados. Os valores médios encontrados no recrutamento das fibras musculares durante a subida e descida do segundo degrau foram mais elevados do que a subida e descida do primeiro degrau, sendo estas diferenças estatisticamente significantes para os três músculos, com resultados semelhantes para o GC.

Gráfico 4 - Avaliação dos músculos VMO, RF e VL durante etapas de subida e descida entre GOA.



Os Gráfico 5 a 7 apresentam os resultados da análise comparativa dos recrutamentos realizados pelos músculos VMO, RF e VL do GOA divididos pela escala analógica visual de dor nas etapas do estudo. Nestas podemos verificar que, apesar de não haver diferença estatisticamente significante, as médias de recrutamento no grupo de pacientes com EVA maior do

que 5 cm (dor intensa) foram maiores do que as do grupo com dor leve a moderada (EVA.entre 0 a 5 cm).

Gráfico 5 - Avaliação do músculo vasto medial oblíquo durante etapas de subida e descida entre os grupos com dor forte e dor fraca.

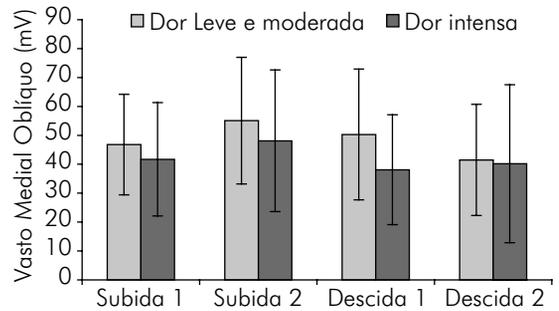


Gráfico 6 - Avaliação do músculo vasto lateral oblíquo durante etapas de subida e descida entre os grupos com dor forte e dor fraca.

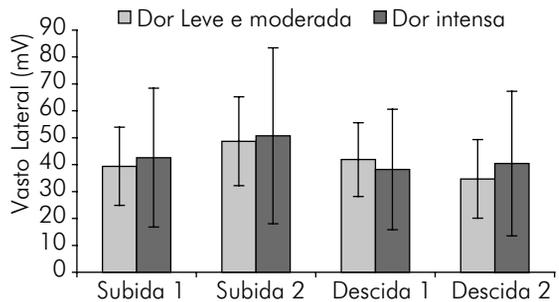
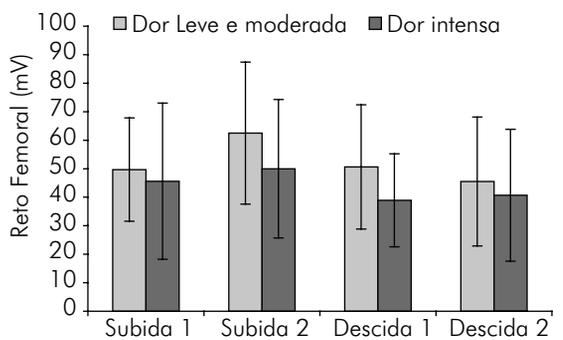


Gráfico 7 - Avaliação do músculo reto femoral oblíquo durante etapas de subida e descida entre os grupos com dor forte e dor fraca.



Discussão

A coordenação precisa da atividade do quadríceps e a mobilidade da articulação do joelho é essencial para atenuar as forças e controlar a carga imposta à articulação durante a locomoção. Tem sido proposto que déficits na função do quadríceps e cinemática do joelho talvez sejam importantes na patogênese e progressão da OA dos joelhos, sendo considerado como importante fator de risco primário para a doença [15,16].

O estudo eletromiográfico do quadríceps femoral tem sido alvo de várias pesquisas, porém, os resultados são

contraditórios, devido as diferentes metodologias utilizadas [4,13,17,18]. Além disso, a diferença do ângulo articular estudado, o tipo de contração muscular realizado, o local de fixação dos eletrodos e o aparelho no qual estão sendo analisados os dados coletados nos experimentos são fatores que podem afetar as respostas ao estímulo dado durante a realização de cada teste.

Segundo Hinman [15] existe um retardo na ativação do quadríceps e cinemática do joelho, observados durante a descida de escadas em indivíduos com OA, que podem estar associadas com um desequilíbrio na carga imposta à articulação, devido à doença. Estudo realizado por Powers *et al.* [19] demonstrou diferenças nos resultados da EMGS, constatou-se que no início e na intensidade da atividade muscular do VMO, VML, VL e VI das atividades funcionais de subida e descida degraus ocorria maior ativação do VMO e VL. No entanto, os resultados encontrados neste estudo não demonstraram haver diferença estatística significativa entre o recrutamento realizado pelos músculos VMO, RF e VL dos dois grupos estudados (GOA e GC).

Esses resultados são semelhantes aos de Cowan [14] que também não encontraram nenhuma diferença na ativação do VMO e VL durante atividades de subida e descida em pacientes com dor femoro-patelar e Abreu *et al.* [1], estudando pessoas jovens saudáveis, não encontraram diferenças entre as médias de pico máximo de contração muscular dos músculos VMO, RF e VL, durante o teste de subida e descida de degraus. Assim como nos estudos precedentes, Cesarelli *et al.* [20] publicaram que ocorreu uma maior ativação do RF, seguida do VL e por último do VM, durante a realização de exercícios concêntricos, quando comparava o pico de ativação máxima muscular.

Brindle *et al.* [8], observaram que em indivíduos com dor anterior nos joelhos, ao realizar atividades de descer escadas, a atividade eletromiográfica do VMO foi significativamente menor que a do grupo controle. Estes resultados foram diferentes dos encontrados no presente estudo, pois após estratificar o GOA pelo nível de dor e correlacionar com o recrutamento muscular, não foram observadas diferenças estatísticas significantes. Reilly [21], Souza [22] e Mohr [23] obtiveram respostas semelhantes ao analisar os músculos VMO e VL em pacientes com dor patelofemoral e indivíduos saudáveis, encontrando o mesmo padrão de recrutamento em ambos os grupos.

Os valores médios encontrados no recrutamento das fibras musculares durante a subida e descida do segundo degrau foram mais elevados do que a subida e descida do primeiro degrau, sendo estas diferenças estatisticamente significantes para os três músculos, com resultados semelhantes para o GC. Estes resultados podem ser explicados pela insegurança para realizar a segunda subida e descida, promovida pela redução da propriocepção no membro testado, uma vez que neste momento o indivíduo perde o contato com o solo ou fica "suspenso", sem apoio. Estes achados estão de acordo com relatos prévios e sugere que

um declínio na acuidade proprioceptiva é comum com o avançar da idade [24-29].

A relação entre força e recrutamento muscular foi demonstrada por Conwit *et al.* [30]. Segundo estes autores, a quantidade de unidades motoras recrutadas em um músculo, é diretamente proporcional à força de contração. Na amostra estudada não foram observadas diferenças no recrutamento muscular entre os dois grupos estudados, mesmo na presença de dor de forte intensidade. No entanto, os resultados não permitem afirmar que os indivíduos nos dois grupos apresentavam a mesma força muscular. Um estudo de avaliação de força, utilizando um dinamômetro, por exemplo, seria necessário para comprovar esta teoria.

Conclusão

Na amostra estudada não foram encontrados padrões diferentes de recrutamento muscular do quadríceps em indivíduos portadores de OA quando comparados com pessoas sem a doença. No entanto, estudos futuros, utilizando uma metodologia que permita comparar recrutamento e força do músculo, são necessários para comprovar esta relação.

Uma vez que o papel da fraqueza muscular na OA de joelhos já está bem estabelecido, tanto como fator de risco como de piora do prognóstico, o protocolo de tratamento deve sempre objetivar a melhora da força muscular, a fim de tentar minimizar a progressão e melhorar a qualidade de vida neste grupo de pacientes.

Referências

1. Abreu RMR, Moraes MR, Medina RS. Avaliação do comportamento dos músculos vasto medial oblíquo, reto femoral e vasto lateral na subida e descida de degraus em indivíduos saudáveis [TCC]. Rio de Janeiro: Universidade Gama Filho; 2005.
2. Basmajian JV. Biofeedback: principles and practice for clinicians. 3rd ed. London: Williams & Wilkins; 1989. p. 369-83.
3. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exerc* 1982;14: 377-381.
4. Boucher JP, King MA, Lefebvre RP. Quadriceps femoris muscle activity in patellofemoral pain syndrome. *Am J Sports Med* 1992;20:527-32.
5. Dixon J, Howe TE. Quadriceps force generation in patients with osteoarthritis of the knee and asymptomatic participants during patellar tendon reflex reactions: an exploratory cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disord* 2005;6:46.
6. Hassan BS, Mockett S, Doherty M. Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. *Ann Rheum Dis* 2001;60(6):612-8.
7. Brandt KD, Hochberg MC, Altman RD, Clark BM, Dieppe PA, Griffin MR et al. The American College of Rheumatology criteria for the classification and reporting of osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* 1986;29:1039-49.
8. Brindle TJ, Mettaco 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;11:244-51.
9. Hurley MV, Rees J, Newham DJ. Quadriceps function, proprioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. *Age Ageing* 1998;27:55-62.
 10. Cram JR, Krasman GS. Introduction to surface electromyography. Maryland: Aspen; 1998. p.81-366.
 11. Guyton AC, Hall IE. Tratado de Fisiologia Médica. 10a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002. p.49-88.
 12. Kumar VN, Redford JB. Transcutaneous nerve stimulation in rheumatoid arthritis. *Arch Phys Med Rehabilitation* 1982;63(12):595-6.
 13. Kirby L. Strategies to improve activities of daily living (ADL) function and quality of life. *Rheumatology by Klippel and Dieppe in CD-ROM*. Mosby Multimedia USA; 1995.
 14. 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(2):183-9.
 15. Hinman RS, Bennell KL, Metcalf BR, Crossley KM. Delayed onset of quadriceps activity and altered knee joint kinematics during stair stepping in individuals with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(8):1080-6.
 16. Mikesky AE, Meyer AE, Thompson KL. Relationship between quadriceps strength and rate of loading during gait in women. *J Orthop Res* 2000;18:171-5.
 17. Di Fabio RP. Reliability of computerized surface electromyography for determining the onset of muscle activity. *Phys Ther* 1987;67(1):43-8.
 18. Callaghan MJ, MacCarty CJ, Oldham JA. Electromyographic fatigue characteristics of the quadriceps in patellofemoral pain syndrome. *Man Ther* 2001;6(1):27-33.
 19. Powers CM, Landel R, Perry J. Timing and intensity on vastus muscle activity during functional activities in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther* 1996;76(9):946-55.
 20. Cesarelli M, Bifulco P, Bracale M. Study of the control strategy of the quadriceps muscle in anterior knee pain. *IEEE Trans Rehabil Eng* 2000;8(3):330-41.
 21. Reilly DT, Martens M. Experimental analysis of quadriceps muscle force and patellofemoral joint reaction force for various activities. *Acta Orthop Scand* 1972;43: 16-37.
 22. 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):310-6.
 23. Mohr KJ, Kvitne RS, Pink MM, Fideler B, Perry J. Electromyography of the quadriceps in patellofemoral pain with patellar subluxation. *Clin Orthop Relat Res* 2003;415:261-71.
 24. McAlindon TE, Cooper C, Kirwan JA, Dieppe P. Determinants of disability in osteoarthritis of the knee. *Ann Rheum Dis* 1993;52:258-62.
 25. Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM. Knee osteoarthritis and physical functioning: Evidence from the NHANES I Epidemiologic Follow-up Study. *J Rheumatol* 1991;18:591-8.
 26. Petrella RJ, Lattanzio PJ, Nelson MG. Effects of age and activity on knee joint proprioception. *Am J Phys Med Rehabil* 1997;76:235-41.
 27. Skinner HB, Barrack RL, Cook SD. Age-related decline in proprioception. *Clin Orthop Relat Res* 1984;(184):208-11.
 28. Hurley MV, Newham DJ. The influence of arthrogenous muscle inhibition on quadriceps rehabilitation of patients with early unilateral osteoarthritic knee. *Br J Rheumatol* 1993;32:127-31.
 29. Felson DT, Zhang Y, Hannan MT, Weissman BN, Aliabadi P, Levy D. The incidence and natural history of knee osteoarthritis in the elderly: the Framingham osteoarthritis study. *Arthritis Rheum* 1995;38(10):1500-5.
 30. Conwit RA, Stashuk D, Tracy B, McHugh M, Brown WF, Mether EJ. The relationship of motor unit size, firing rate and force. *Clin Neurophysiol* 1999;110(7):1270-5.
-