



# Efetividade dos exercícios em cadeia cinética aberta e cadeia cinética fechada no tratamento da síndrome da dor femoropatelar

Guilherme Lotierso Fehr<sup>1</sup>, Alberto Cliquet Junior<sup>2</sup>, Ênio Walker Azevedo Cacho<sup>3</sup> e João Batista de Miranda<sup>4</sup>

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos terapêuticos dos exercícios em cadeia cinética aberta (CCA) e cadeia cinética fechada (CCF) no tratamento da síndrome da dor femoropatelar (SDFP). Para tanto, 24 voluntários portadores de SDFP foram aleatoriamente divididos em dois grupos: grupo I (n = 12): realizou exercícios em CCA; grupo II (n = 12): realizou exercícios em CCF. Os grupos foram submetidos a oito semanas consecutivas de tratamento, que consistiu de três sessões semanais realizadas em dias alternados. Para análise dos padrões de ativação dos músculos vasto medial oblíquo (VMO) e vasto lateral (VL) os sinais eletromiográficos (EMG) foram adquiridos com eletrodos bipolares de superfície, quantificados pela raiz quadrada da média (*root mean square* – RMS) e normalizados pela contração isométrica voluntária máxima do quadríceps. Por meio de escalas avaliou-se a intensidade da dor e funcionalidade dos voluntários. A análise dos valores da razão VMO/VL nos grupos I e II demonstrou que não houve diferenças significativas entre os tempos pré e pós-tratamento nas fases concêntrica ( $p > 0,05$ ) e excêntrica ( $p > 0,05$ ) dos exercícios em CCA e CCF. Apesar disso, o músculo VMO apresentou menor taxa de ativação em relação ao VL na fase excêntrica do exercício em CCF. Foram encontrados aumentos significativos na funcionalidade ( $p < 0,05$ ) e redução da intensidade da dor ( $p < 0,05$ ) entre os tempos pré e pós-tratamento em ambos os grupos, porém, o grupo II mostrou-se superior ao grupo I nestas duas variáveis. Os resultados deste estudo sugerem que, de acordo com as condições experimentais utilizadas, os exercícios em CCA e CCF não provocaram mudanças nos padrões de ativação EMG dos músculos VMO e VL; entretanto, promoveram melhora da funcionalidade e redução da intensidade da dor após oito semanas de intervenção, sendo que os exercícios em CCF foram superiores aos em CCA.

1. Mestrando em Cirurgia – Departamento de Ortopedia e Traumatologia – FCM/Unicamp, Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor HC-FCM/Unicamp, Universidade Estadual de Campinas – Unicamp – Campinas – São Paulo.
2. Professor Titular do Departamento de Ortopedia e Traumatologia – FCM/Unicamp, Chefe do Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor HC-FCM/Unicamp, Universidade Estadual de Campinas – Unicamp – Campinas – São Paulo.
3. Mestre em Cirurgia – FCM – Unicamp, Laboratório de Biomecânica e Reabilitação do Aparelho Locomotor HC-FCM/Unicamp.
4. Professor Doutor do Departamento de Ortopedia e Traumatologia – FCM/Unicamp, Coordenador do Grupo de Cirurgia do Joelho – HC-FCM/Unicamp, Universidade Estadual de Campinas – Unicamp – Campinas – São Paulo.

Recebido em 10/5/05. Versão final recebida em 30/10/05. Aceito em 3/11/05.

**Endereço para correspondência:** Guilherme Lotierso Fehr, Rua João de Bortoli, 354, Jardim Flórida – 14026-330 – Ribeirão Preto, SP. Tel.: (16) 3911-1345. E-mail: guifehr@yahoo.com.br

**Palavras-chave:** Joelho. Eletromiografia. Exercício. Recuperação funcional.

**Keywords:** Knees. Electromyography. Exercise. Functional recovery.

**Palabras-clave:** Rodilla. Eletromiografia. Ejercicio. Recuperación funcional.

## ABSTRACT

### **Effectiveness of the open and closed kinetic chain exercises in the treatment of the patellofemoral pain syndrome**

The aim of this study was to analyze the therapeutic effects of the open kinetic chain (OKC) and closed kinetic chain (CKC) exercises to treat the patellofemoral syndrome (PFSD). For this, 24 volunteers, bearers of the PFSD were randomly divided in two groups: group I (n = 12) performed the OKC exercises; group II (n = 12) performed the CKC exercises. Both groups were submitted to eight consecutive weeks of treatment consisting of three weekly sessions performed in alternate days. To analyze the activation pattern of the vastus medialis oblique (VMO) and the vastus lateralis (VL) muscles, the electromyographic signals (EMG) were collected using bipolar surface electrodes quantified by the root mean square (RMS) normalized by the maximal voluntary isometric contraction of the quadriceps. The pain intensity and the functionality of the volunteers were assessed using scales. The analysis of the amounts of the VMO/VL ratio in both groups I and II showed no significant differences as to the pre- and post-treatment times in the concentric ( $p > 0.05$ ) and eccentric ( $p > 0.05$ ) phases of the OKC and CKC exercises. Despite of this, the VMO muscle presented a lower activation rate compared to the VL in the eccentric phase of the CKC exercise. It was found significant increases in the functionality ( $p < 0.05$ ), and a reduction in the pain intensity ( $p < 0.05$ ) between the pre- and post-treatment times in both groups, but group II showed higher amounts compared to group I in both variables. The results found in this study suggest that according to the conditions of the trial, the OKC and CKC exercises provoke no changes in the patterns of the EMG activation in the VMO and VL muscles. However, they promoted an improvement in the functionality and a reduction in the pain intensity after the eight week intervention, and the CKC exercises presented better performances than OKC exercises.

## RESUMEN

### **La efectividad de los ejercicios en cadena cinética abierta y la cadena cinética cerrada en el tratamiento del síndrome femoropatelar de dolor**

El objetivo de este estudio era analizar los efectos terapéuticos de los ejercicios en la cadena cinética abierta (CCA) y la cadena cinética cerrada (CCC) en el tratamiento del síndrome del dolor femoropatelar (SDFP). Para esto se ofrecieron 24 portadores de SDFP que fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: Se agruparon en: los ejercicios I en CCA (el n = 12); y los ejercicios II en CCC (el n = 12). Los grupos se sometieron a ocho semanas consecutivas de tratamiento que consistió en tres sesiones semanales logradas en los días alternados. Para los análisis de los modelos de activación de los músculos medio oblicuo (VMO) y vasto lateral (VL) las seña-

les electromiográficas (EMG) adquiridas con los electrodos bipolares de superficie, cuantificaron por la raíz cuadrada del promedio (la raíz el cuadrado – RMS) y se normalizó por el máximo de la reducción isométrico voluntario del cuádriceps. A través de balanzas se evaluó la intensidad del dolor y la funcionalidad de los voluntarios. El análisis de los valores de la razón VMO/VL en los grupos I y II demostramos que no había diferencias significantes entre la veces de tiempos pre y post-tratamiento en las fases concéntricas (el  $p > 0,05$ ) y excéntricas (el  $p > 0,05$ ) de los ejercicios en CCA y CCC. A pesar de eso, el músculo VMO presentó un punto de activación más pequeño respecto a VL en la fase excéntrica del ejercicio en CCF. En ellos se encontraron aumentos significantes en la funcionalidad ( $p < 0,05$ ) y en la reducción de la intensidad del dolor ( $p < 0,05$ ) entre veces de tiempo y post-tratamiento en ambos grupos, sin embargo, el de grupo II se mostraron superiores al grupo I en estas dos variables. Los resultados de este estudio sugieren que, de acuerdo con las condiciones experimentales usadas, los ejercicios en CCA y CCC no provocaron los cambios en los modelos de activación EMG de los músculos VMO y VL, sin embargo, ellos promovieron mejora de la funcionalidad y reducción de la intensidad del dolor después de ocho semanas de intervención, y los ejercicios en CCC eran superiores al de en CCA.

## INTRODUÇÃO

A síndrome da dor femoropatelar (SDFP) é afecção comum na prática ortopédica, acometendo principalmente atletas e adultos jovens. Sua etiologia permanece desconhecida; entretanto, o desequilíbrio de forças entre os músculos vasto medial oblíquo (VMO) e vasto lateral (VL), principais estabilizadores dinâmicos da patela, é considerado fator preponderante no surgimento dos sintomas. Esse desequilíbrio altera a cinemática patelar e contribui para o aumento das forças de reação e compressão femoropatelares<sup>(1)</sup>.

Os padrões de ativação eletromiográfica (EMG) desses músculos têm sido amplamente investigados<sup>(2,3)</sup>. Alguns autores apontam diminuição da atividade EMG do VMO em relação ao VL em indivíduos portadores de SDFP e buscam exercícios que promovam sua ativação seletiva<sup>(1,4)</sup>.

Com a finalidade de recuperar o equilíbrio e função dos músculos extensores do joelho e restituir estabilidade à articulação, os exercícios em CCA e CCF têm sido empregados em programas de reabilitação dos distúrbios femoropatelares. Durante a realização de exercícios em CCA o músculo quadríceps femoral atua de forma isolada, favorecendo o aumento das forças de compressão femoropatelares<sup>(5)</sup>. Os exercícios em CCF geram co-contracção muscular e proporcionam maior estabilidade articular, além de reproduzirem movimentos funcionais comumente executados nas atividades de vida diária<sup>(6)</sup>.

Apesar da crescente predileção aos exercícios em CCF e desuso dos exercícios em CCA no tratamento de indivíduos acometidos pela SDFP, são escassos relatos científicos que demonstram qual método é mais eficaz quando empregado na forma de treinamento muscular.

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito terapêutico dos exercícios em CCA e CCF na intensidade da dor e função femoropatelar em portadores da SDFP. Para tanto, foram avaliados os padrões de ativação EMG dos músculos VMO e VL, intensidade da dor e funcionalidade dos participantes.

## MÉTODOS

### Casística

Participaram do estudo 24 voluntários (17 mulheres e sete homens) portadores da SDFP. Os critérios de inclusão adotados foram: dor no joelho de início insidioso há mais de dois meses, intensidade da dor maior que três e menor que oito na escala análoga

visual (EAV) e relato de dor ou desconforto ao menos em duas das seguintes situações: subir e descer escadas, ajoelhar, correr, agachar e permanecer sentado por tempo prolongado. Foram excluídos do estudo indivíduos que apresentaram sinais ou sintomas de qualquer outra doença na articulação do joelho.

O estudo foi conduzido segundo a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e obteve aprovação do comitê de ética em pesquisa com seres humanos da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Os voluntários assinaram termo de consentimento livre e esclarecido também aprovado por este comitê.

Os voluntários foram aleatoriamente distribuídos, através de sorteio, em dois grupos denominados grupo I (n = 12) e grupo II (n = 12), como mostra a tabela 1.

**TABELA 1**  
Dados antropométricos dos grupos I e II

	Grupo I (N = 12)		Grupo II (N = 12)		
	Média	D.P.	Média	D.P.	P
Idade	22,5	± 2,94	23,83	± 2,62	0,23
Peso	67,0	± 5,51	68,4	± 4,46	0,77
Altura	167,0	± 3,81	168,2	± 3,56	0,39
IMC	24,01	± 1,71	24,23	± 1,94	0,54

Legenda: Grupo I: tratamento com exercícios em CCA; grupo II: tratamento com exercícios em CCF.

### Programas de intervenção

O protocolo de tratamento consistiu de três sessões de fisioterapia semanais durante oito semanas, realizadas em dias alternados. A tabela 2 apresenta os exercícios que fizeram parte dos programas para os grupos I e II. Para realização dos exercícios isométricos em CCA e CCF foram efetuadas quatro séries de 10 repetições e cada repetição sustentada por oito segundos seguida de um minuto de descanso. Para os exercícios isotônicos em CCF (pressão das pernas a 45 graus) e CCA (mesa flexo-extensora), inicialmente foi avaliada qual a repetição máxima (RM) do quadríceps femoral (QF) de cada participante e então efetuadas três séries de 10 repetições, sendo a primeira série com 20%, a segunda com 40% e a terceira com 60% da RM.

**TABELA 2**  
Protocolos de intervenção para os grupos I e II

Grupo I (N = 12)	Grupo II (N = 12)
Isométrico de quadríceps com joelho a 90°*	Isométrico de quadríceps com joelho a 20°**
Isométrico de quadríceps com joelho a 70°*	Isométrico de quadríceps com joelho a 40°**
Isométrico de quadríceps com joelho a 50°*	Semi-agachamento (0 a 50 graus)
Mesa flexo-extensora (90 a 50 graus)	Pressão das pernas (0 a 50 graus)

Legenda: Grupo I: tratamento com exercícios em CCA; grupo II: tratamento com exercícios em CCF.

\* exercícios realizados na mesa flexo-extensora; \*\* exercícios realizados no aparelho de pressão das pernas a 45 graus.

Os exercícios em CCA foram realizados com ADM do joelho compreendida entre 90 e 50 graus de flexão (considerando zero grau a extensão completa do joelho). Para os exercícios em CCF a ADM do joelho foi de zero a 50 graus de flexão (considerando zero grau a extensão completa do joelho). Estes critérios foram adotados de acordo com os trabalhos de Steinkamp *et al.*<sup>(7)</sup> e Escamilla *et al.*<sup>(8)</sup>, que sugeriram estas angulações como mais seguras para execução de exercícios em CCA e CCF.

Com intuito de avaliar isoladamente os efeitos do treinamento muscular, os voluntários foram instruídos a não realizar atividades envolvendo exercícios de flexibilidade ao longo do período de treinamento<sup>(9)</sup>.

## Dor e funcionalidade

Com escopo de mensurar a intensidade da dor em repouso e durante atividades funcionais foram aplicadas respectivamente a EAV e escala de Kujala<sup>(10,11)</sup>.

## Avaliação eletromiográfica

A atividade elétrica dos músculos VMO e VL foi obtida por meio de um eletromiógrafo Myosystem 2000 (Noraxon, Scottsdale, Arizona) de oito canais. O mesmo apresenta razão de rejeição em modo comum de 114dB, impedância de entrada entre 20M $\Omega$  e 1G $\Omega$  e largura de faixa entre 16 e 500Hz. Os sinais eletromiográficos foram coletados a uma frequência de 1.000Hz através do programa de aquisição de dados MyoResearch versão 2.10 (Noraxon, Scottsdale, Arizona). Esses sinais foram armazenados em um computador para posterior visualização e análise. Para captação da atividade elétrica dos músculos foram utilizados eletrodos bipolares de superfície constituídos de Ag/AgCl (Duo-Trode, Myotronics Inc.) e com distância entre os sítios de detecção igual a dois centímetros. Os eletrodos sobre os músculos VMO e VL foram fixados sobre o ventre muscular e orientados a 55 e 15 graus em relação ao eixo longitudinal do fêmur, respectivamente<sup>(12,13)</sup>. Um eletrodo de referência (terra) foi fixado na tuberosidade da tíbia. Para reproduzir a mesma posição dos eletrodos na avaliação eletromiográfica realizada após o programa de tratamento foram aferidas a distância e angulação entre os mesmos e o centro da patela. Dessa forma, os valores obtidos inicialmente para cada voluntário foram anotados e repetidos na avaliação final.

O controle da variação angular do joelho durante a realização dos exercícios foi realizado com um eletrogoniômetro de duplo eixo NorAngle (Noraxon, Scottsdale, Arizona) acoplado ao módulo condicionador de sinais eletromiográficos. Para sua fixação utilizaram-se duas hastas plásticas que foram posicionadas nas regiões lateral da coxa (haste superior) e lateral da perna (haste inferior) dos voluntários<sup>(14)</sup>. A posição articular e a atividade EMG foram registradas simultaneamente e com a mesma frequência de amostragem (1.000Hz).

A velocidade de execução dos exercícios foi controlada por meio de um metrônomo, ajustado para efetuar trinta toques por minuto. Antes do início da coleta dos dados os voluntários foram familiarizados com o experimento e orientados quanto à execução correta dos exercícios.

Para o grupo submetido ao protocolo em CCF as coletas foram realizadas durante o exercício de semi-agachamento, em sua fase excêntrica (descida) e em fase concêntrica (subida). Partindo da posição ereta os voluntários executaram cinco repetições do movimento de agachar e levantar, sendo concedido um minuto de descanso entre cada repetição. Cada repetição teve duração de quatro segundos.

No grupo submetido ao protocolo em CCA as coletas foram realizadas numa mesa flexo-extensora. Os voluntários permaneceram sentados, coluna lombar e torácica apoiadas, quadris e joelhos flexionados a noventa graus. A seguir, realizaram cinco repetições do movimento de extensão (fase concêntrica) e flexão do joelho (fase excêntrica), sendo concedido também um minuto de descanso entre cada uma delas. A carga utilizada durante o exercício foi de 40% da RM e cada repetição teve duração de quatro segundos.

## Normalização dos sinais EMG

Diversos estudos sugerem a normalização do sinal EMG pela contração isométrica voluntária máxima (CIVM)<sup>(15)</sup>. Para tanto, é preciso determinado exercício que promova CIVM dos músculos estudados e então ser obtido o valor médio da raiz quadrada da média (*root mean square* – RMS) deste exercício, que representará a máxima atividade elétrica que estes músculos podem gerar<sup>(16)</sup>. Assim, as médias dos valores em RMS dos demais exercícios são quantificadas como percentagem deste valor.

Neste estudo utilizou-se para normalização dos dados a CIVM de extensão do joelho, posicionado a 90 graus de flexão, e tíbia em posição neutra. As coletas da CIVM foram feitas em uma mesa flexo-extensora e cada contração teve duração de quatro segundos.

## Análise estatística

Para comparações intergrupos dos valores obtidos nas escalas de Kujala e EAV nos tempos pré e pós-tratamento, assim como verificar a homogeneidade dos grupos, utilizou-se o teste de Mann-Whitney. No que concerne à análise intragrupos da razão VMO/VL, escala de Kujala e EAV entre os tempos pré e pós-tratamento, foi utilizado o teste de Wilcoxon para amostras relacionadas. O nível de significância adotado para os testes estatísticos foi de 5%.

## RESULTADOS

Verificam-se na tabela 3 os valores das médias e desvios-padrões da atividade EMG normalizada dos músculos VMO e VL, assim como da razão VMO/VL referentes ao grupo I durante as fases concêntrica e excêntrica do exercício de flexo-extensão do joelho (CCA). Não houve diferenças estatisticamente significativas na razão VMO/VL entre os tempos pré e pós-tratamento nas fases concêntrica ( $p = 0,79$ ) e excêntrica ( $p = 0,85$ ) do exercício.

**TABELA 3**  
Atividade EMG normalizada dos músculos VMO e VL em contração concêntrica (CC) e excêntrica (CE) nos tempos pré e pós-tratamento referentes ao grupo I

	Grupo I (N = 12)				P
	Média		D.P.		
	Pré	Pós	Pré	Pós	
VMO CC	51,57	53,31	± 8,47	± 8,83	–
VL CC	55,18	56,67	± 8,26	± 8,24	–
VMO/VL CC	0,93	0,94	± 0,06	± 0,07	0,79
VMO CE	33,33	35,32	± 8,25	± 9,26	–
VL CE	35,65	38,04	± 8,55	± 8,71	–
VMO/VL CE	0,93	0,92	± 0,03	± 0,07	0,85

Médias e desvios-padrões (DP) da atividade EMG em RMS (expressa como percentagem da CIVM) e da razão referentes aos músculos VMO e VL em contração concêntrica (CC) e excêntrica (CE) no exercício de flexo-extensão do joelho em CCA (n = 12).

Em relação ao grupo II, a tabela 4 mostra as médias e desvios-padrões da atividade EMG normalizada dos músculos VMO e VL, bem como da razão VMO/VL nas fases concêntrica e excêntrica do exercício de semi-agachamento (CCF). Estes dados mostram que não houve diferenças significativas nos valores da razão VMO/VL nas fases concêntrica ( $p = 0,56$ ) e excêntrica ( $p = 0,26$ ) do exercício após o tratamento.

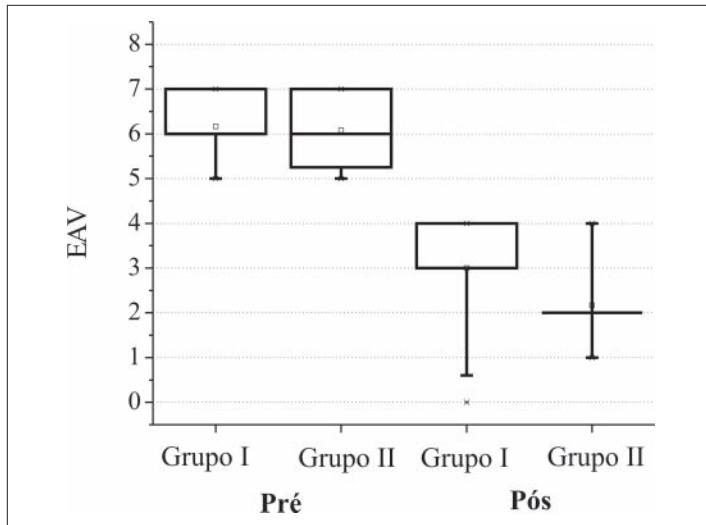
**TABELA 4**  
Atividade EMG normalizada dos músculos VMO e VL em contração concêntrica (CC) e excêntrica (CE) nos tempos pré e pós-tratamento referentes ao grupo II

	Grupo II (N = 12)				P
	Média		D.P.		
	Pré	Pós	Pré	Pós	
VMO CC	22,57	23,51	± 7,99	± 7,50	–
VL CC	25,31	26,79	± 8,00	± 7,87	–
VMO/VL CC	0,89	0,88	± 0,10	± 0,10	0,56
VMO CE	15,38	16,37	± 5,87	± 5,33	–
VL CE	22,09	22,01	± 8,04	± 6,37	–
VMO/VL CE	0,72	0,77	± 0,17	± 0,23	0,26

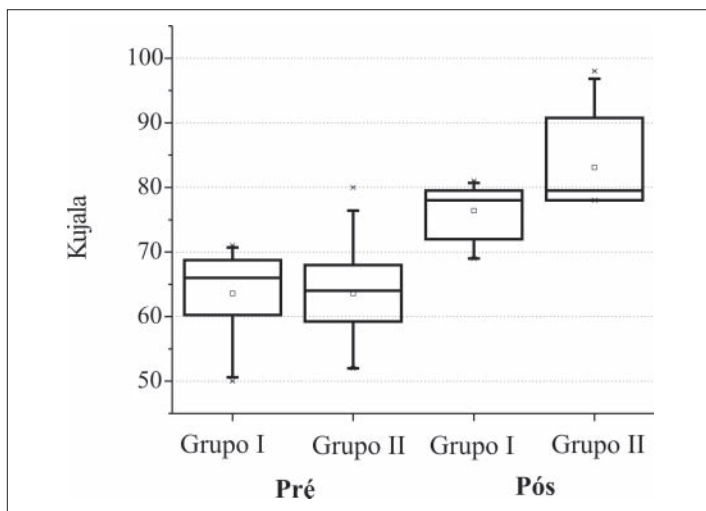
Médias e desvios-padrões (DP) da atividade EMG em RMS (expressa como percentagem da CIVM) e da razão referentes aos músculos VMO e VL em contração concêntrica (CC) e excêntrica (CE) no exercício de semi-agachamento em CCF (n = 12).

As tabelas 3 e 4 demonstram ainda que os valores da razão VMO/VL foram sempre menores que 1, indicando diminuição da ativação do VMO em relação ao VL. Esta diminuição foi observada tanto na fase concêntrica quanto excêntrica nos dois exercícios avaliados, sendo detectada maior discrepância entre os valores da percentagem de ativação destes músculos na fase excêntrica do exercício em CCF.

As figuras 1 e 2 são representações gráficas na forma de *box-plots* dos valores da EAV e escala de Kujala encontrados nos grupos I e II, nos tempos pré e pós-intervenção.



**Figura 1** – Comparação da intensidade da dor entre os grupos I ( $n = 12$ ) e II ( $n = 12$ ), mensurada pela escala análogo-visual de 10cm, nos tempos pré e pós-tratamento



**Figura 2** – Comparação da funcionalidade entre os grupos I ( $n = 12$ ) e II ( $n = 12$ ), mensurada pela escala de Kujala, nos tempos pré e pós-tratamento

Na figura 1 verificam-se os resultados referentes à intensidade da dor mensurada pela EAV antes e após o tratamento. A análise intergrupos demonstrou que previamente ao início do programa não havia diferença estatisticamente significativa entre as médias dos grupos I e II para EAV de dor ( $p = 0,82$ ). Entretanto, ao término do programa o grupo II obteve melhora acentuada quando comparado ao grupo I ( $p = 0,02$ ). A comparação intragrupos revelou que ambos apresentaram melhora estatisticamente significativa após oito semanas de tratamento ( $p = 0,0005$  grupo I;  $p = 0,0005$  grupo II).

A figura 2 ilustra os resultados obtidos através da escala funcional de Kujala. Quando realizada comparação intergrupos, no início do tratamento não foi observada diferença estatisticamente significativa entre eles ( $p = 0,68$ ). Porém, a mesma comparação ao

final do tratamento evidenciou melhores resultados para o grupo II ( $p = 0,03$ ). Quanto à análise intragrupos, ambos apresentaram ganhos significativos na funcionalidade após o tratamento ( $p = 0,0005$  grupo I;  $p = 0,0005$  grupo II).

## DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo revelaram que após oito semanas de tratamento os grupos obtiveram redução significativa na intensidade da dor e melhora no desempenho de atividades funcionais. O grupo II mostrou-se superior ao grupo I nas duas variáveis investigadas. Estes achados estão de acordo com os de Witvirouw *et al.*<sup>(17)</sup>, que após submeterem 60 indivíduos a cinco semanas de tratamento utilizando exercícios em CCA ou CCF observaram aumento no pico de torque dos músculos QF e isquiotibiais, redução da dor e ganho funcional em ambos os grupos estudados. Em outro estudo, Witvirouw *et al.*<sup>(18)</sup> relataram excelentes resultados referentes à dor e funcionalidade após tratamento de indivíduos com dor femoropatelar. Porém, não evidenciaram qualquer efeito desse tratamento sobre o tempo de resposta reflexa dos músculos VMO e VL. Da mesma maneira, Stiene *et al.*<sup>(19)</sup> concluíram que, após oito semanas de tratamento, exercícios em CCF foram mais eficazes do que exercícios em CCA na recuperação funcional de sujeitos com disfunção femoropatelar.

Bennett & Stauber<sup>(20)</sup> inicialmente avaliaram 41 indivíduos com SDFP e identificaram redução no torque extensor do joelho durante a fase excêntrica do exercício em CCA. Assim, aplicaram programa de tratamento utilizando apenas exercícios em CCA realizados no dinamômetro isocinético e evidenciaram que, em média após quatro semanas, os indivíduos tiveram redução da dor, restabeleceram o torque extensor do joelho e retornaram às atividades desportivas.

O exposto acima sugere que tanto exercícios em CCA quanto em CCF podem ser empregados no tratamento da SDFP. No entanto, antes da prescrição de atividades para fortalecimento do QF é necessário compreender os princípios biomecânicos da articulação femoropatelar para programação de exercícios que combinem efetividade e segurança. No presente estudo, limitou-se a ADM do joelho durante a realização dos exercícios que integraram os programas de tratamento, ao contrário dos estudos citados anteriormente. De acordo com Steimkamp *et al.*<sup>(7)</sup> durante a execução de exercícios em CCA devem ser evitados os últimos graus de extensão do joelho, já que nesta angulação há menor contato articular, porém as forças compressivas são distribuídas sobre uma pequena área, aumentando o estresse femoropatelar. Quanto aos exercícios em CCF os autores sugerem que sejam evitados ângulos acima dos 45 graus de flexão do joelho, pois apesar de maior estabilidade articular com incremento da flexão há também aumento das forças compressivas e maior estresse femoropatelar. Resultados similares foram descritos por Doucette & Child<sup>(21)</sup>, que sugerem a realização de exercícios em CCA com ângulos superiores a trinta graus de flexão do joelho, enquanto exercícios em CCF devem ser realizados em ângulos próximos de sua extensão total.

Os resultados relativos à atividade EMG mostraram que após o tratamento não houve diferenças significativas na razão VMO/VL nas fases excêntrica e concêntrica dos exercícios em CCA e CCF. Contudo, comparações destes achados com estudos prévios tornam-se difíceis, visto que não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliam os efeitos isolados do treinamento muscular em CCA e CCF sobre os padrões de ativação EMG dos músculos estabilizadores da patela em portadores de SDFP. Entretanto, mesmo não sofrendo influência do tratamento os padrões de ativação EMG dos músculos VMO e VL mostraram-se distintos nas fases concêntrica e excêntrica dos exercícios avaliados. Os valores em RMS relativos à razão VMO/VL nos tempos pré e pós-tratamento revelaram redução acentuada da ativação do VMO na fase excêntrica do exercício em CCF. Estes achados corroboram os encon-

tradados por Shenny *et al.*<sup>(22)</sup>, que relataram diminuição da ativação do VMO em relação ao VL em indivíduos com dor femoropatelar durante a descida de escada (contração excêntrica). Souza & Gross<sup>(23)</sup> reportaram achados semelhantes após avaliarem a razão VMO/VL durante contração isométrica, isotônica concêntrica e isotônica excêntrica do QF, demonstrando redução da atividade EMG do VMO em relação ao VL em indivíduos sintomáticos. Owings & Grabiner<sup>(1)</sup> identificaram maior atividade EMG do VL quando comparado ao VMO na fase excêntrica do exercício de extensão da perna em CCA, sugerindo déficit no controle motor dos estabilizadores patelares em portadores de SDFP.

Por outro lado, Powers *et al.*<sup>(24)</sup> identificaram padrões de ativação semelhantes dos músculos VMO e VL em indivíduos com dor femoropatelar, não observando comprometimento na ativação do VMO durante atividades em CCF. Resultados similares foram descritos por Cerny<sup>(25)</sup>, que não observou diferenças significativas na razão VMO/VL em indivíduos portadores de SDFP durante execução de exercícios em CCF. Uma possível explicação para as diferenças nos resultados desses estudos diz respeito à diversidade de métodos utilizados na aquisição e processamento dos sinais eletromiográficos<sup>(26)</sup>. Além disso, a variabilidade inerente dos sujeitos acometidos pela SDFP permanece como desafio na determinação de padrões específicos de ativação dos músculos estabilizadores da patela nesta população.

Mesmo não causando alterações nos padrões de ativação muscular os programas de intervenção adotados neste estudo mostraram-se efetivos no tratamento da SDFP. Tal fato pode ser atribuído ao fortalecimento do QF como um todo, uma vez que os músculos extensores do joelho absorvem parte das forças impostas à articulação durante atividades que a sobrecarregam. Desta forma, acredita-se que a recuperação da função quadricipital é capaz de restabelecer as propriedades biomecânicas das articulações femoropatelar e femorotibial, aumentar o torque extensor do joelho e melhorar o quadro clínico e funcional de indivíduos portadores da SDFP<sup>(17,20)</sup>. Powers *et al.*<sup>(27)</sup> identificaram que juntamente com a redução do torque gerado pelo QF houve comprometimento da função locomotora em indivíduos sintomáticos, destacando a importância do fortalecimento quadricipital no tratamento da SDFP. Em recentes revisões, Wilk & Reinold<sup>(28)</sup> e Crossley *et al.*<sup>(29)</sup> mostraram evidências que apontam exercícios de fortalecimento do QF como parte indispensável dos programas de reabilitação envolvendo disfunções femoropatelares. Porém, apesar destes relatos, o mecanismo pelo qual o fortalecimento do QF promove aumento da funcionalidade e redução dos sintomas em indivíduos com dor femoropatelar não está totalmente esclarecido.

Frente à escassez de estudos que avaliam os efeitos do treinamento muscular no tratamento da SDFP, são necessários estudos futuros envolvendo maior número de sujeitos como amostra, período de intervenção mais prolongado e utilização de diferentes formas de exercícios, que virão auxiliar a coleta de informações que propiciem elaboração e aplicação de um programa de reabilitação mais eficaz e que favoreça a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos acometidos por esta afecção.

## CONCLUSÃO

Nas condições experimentais utilizadas, os exercícios em CCA e CCF promoveram redução da intensidade da dor e melhora da funcionalidade nos portadores da SDFP. Os exercícios em CCF mostraram-se mais eficazes comparados com os em CCA.

Quanto aos padrões de ativação EMG, os exercícios não foram capazes de alterar os valores da razão VMO/VL; no entanto, o músculo VMO apresentou acentuada redução de ativação em relação ao VL na fase excêntrica do exercício em CCF.

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

## REFERÊNCIAS

- Owings TM, Grabiner M. Motor control of the vastus medialis oblique and vastus lateralis is disrupted during eccentric contractions in subjects with patellofemoral pain. *Am J Sports Med* 2002;30:483-7.
- Brody LT, Thein JM. Nonoperative treatment for patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;28:336-44.
- Karst GM, Jewett PD. Electromyographic analysis of exercises proposed for differential activation of medial and lateral quadriceps femoris muscle components. *Phys Ther* 1993;73:286-95.
- Hanten WP, Schulthies SS. Exercise effect on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles. *Phys Ther* 1990;70:561-5.
- Lam PL, Gabriel YF. 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;80:804-8.
- Wilk KE, Escamilla RF, Fleisig GS, Barrentine SW, Andrews JR, Boyd ML. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. *Am J Sports Med* 1996;24:518-27.
- Steinkamp LA, Dillingham MF, Markel MD, Hill JA, Kaufman KR. Biomechanical considerations in patellofemoral joint rehabilitation. *Am J Sports Med* 1993;21:438-44.
- Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk K, Anderws JR. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:556-69.
- Cyrino ES, Oliveira AR, Leite JC, Porto DB, Dias RMR, Segantin AQ, et al. Comportamento da flexibilidade após 10 semanas de treinamento com pesos. *Rev Bras Med Esporte* 2004;10:233-7.
- Bennell K, Bartram S, Crossley K. Outcome measures in patellofemoral pain syndrome: test retest reliability and inter-relationships. *Phys Ther Sport* 2000; 1:32-4.
- Kujala UM, Jaakola LH, Koshinen SK, Taimela S, Hurme M, Nelimarkka O. Scoring of patellofemoral disorders. *Arthroscopy* 1993;9:159-63.
- De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech* 1997;13:135-63.
- Lieb FJ, Perry J. Quadriceps function: an anatomical and mechanical study using amputated limbs. *J Bone Joint Surg [Am]* 1968;50:1535-48.
- Araujo RC, Amadio AC. Análise biomecânica da ativação das porções superficiais do m. quadriceps femoral durante contrações excêntrica e concêntrica. *Rev Bras Fisiot* 1996;1:13-20.
- Turker KS. Electromyography: some methodological problems and issues. *Phys Ther* 1993;73:698-710.
- Basmajian JV, De Luca CJ. *Muscle alive: their function revealed by electromyography*. 5<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985.
- Witvrouw E, Lysens R, Bellemans J, Peers K, Vanderstraeten G. Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain: a prospective, randomized study. *Am J Sports Med* 2000;28:687-94.
- Witvrouw E, Cambier D, Danneels L, Bellemans J, Werner S, Almqvist F, et al. The effect of exercise regimens on reflex response time of the vasti muscles in patients with anterior knee pain: a prospective randomized intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 2003;13:251-8.
- Stiene HA, Brosky T, Reinking MF, Nyland J, Mason MB. A comparison of closed kinetic chain and isokinetic joint isolation exercise in patients with patellofemoral dysfunction. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;24:136-41.
- Bennett JG, Stauber WT. Evaluation and treatment of anterior knee pain using eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18:526-30.
- Doucette AS, Child D. The effect of open and closed chain exercise and knee joint position on patellar tracking in lateral patellar compression syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;23:104-10.
- Sheehy P, Burdett RG, Irrgang JJ, VanSwearingen J. An electromyographic study of vastus medialis oblique and vastus lateralis activity while ascending and descending steps. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27:423-9.
- 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;71:310-6.
- Powers CM, Landel R, Perry J. Timing and intensity of vastus muscle activity during functional activities in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther* 1996;76:946-55.
- Cerny K. Vastus medialis oblique/vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercises in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther* 1995;75:672-83.
- Merletti R, Rainold A, Farina D. Surface electromyography for noninvasive characterization of muscle. *Exerc Sport Sci Rev* 2001;29:20-5.
- Powers CM, Perry J, Hsu A, Hislop HJ. Are patellofemoral pain and quadriceps femoris muscle torque associated with locomotor function? *Phys Ther* 1997; 77:1063-78.
- Wilk KE, Reinold MM. Principles of patellofemoral rehabilitation. *Sports Med Arthrosc* 2001;9:325-36.
- Crossley K, Bennell K, Green S, McConnell J. A systematic review of physical interventions for patellofemoral pain syndrome. *Clin J Sport Med* 2001;11:103-10.