

## Estudo de caso

# Efeito do exercício em cadeia cinética fechada no tratamento da síndrome da dor fêmoropatelar

## *Effect of open kinetic chain exercise on patellofemoral pain syndrome treatment*

Guilherme Lotierso Fehr\*, Valdeci Carlos Dionísio, M.Sc.\*\*, Gil Lúcio Almeida, D.Sc.\*\*\*

.....  
 \*Fisioterapeuta, Pós-graduado em Fisioterapia Músculo-esquelética pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), \*\*Fisioterapeuta, Docente do Curso de Graduação e Pós-graduação da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), \*\*\*Fisioterapeuta, chefe do Laboratório de Estudos Clínicos em Fisioterapia da Universidade de Ribeirão Preto, Docente e Coordenador do Curso de Graduação e Pós-graduação da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP)

### Resumo

Dentre a grande diversidade de condutas fisioterapêuticas sugeridas para o tratamento da Síndrome da Dor Fêmoropatelar (SDFP), os exercícios em cadeia cinética fechada (CCF) têm sido muito utilizados, e acredita-se que essa modalidade de exercício é capaz de melhorar a estabilidade funcional da articulação do joelho. O objetivo deste estudo foi avaliar se o treinamento em CCF pode favorecer mudanças nos padrões de atividade eletromiográfica (EMG) da porção medial do músculo vasto medial (VM) e vasto lateral (VL) em um sujeito portador da SDFP, e sua implicação nas atividades funcionais. Foi recrutado um sujeito de 24 anos de idade, sexo feminino, com diagnóstico da SDFP e sem história de dor incapacitante ou cirurgia no joelho. Foram realizadas avaliação fisioterapêutica, análise cinemática e eletromiográfica dos músculos que envolvem a articulação do joelho durante a atividade de agachamento com os pés e a tibia em posição neutra, antes e após o período de treinamento de 8 semanas realizado no *leg press*. Houve mudança no padrão eletromiográfico dos músculos extensores do joelho após o treinamento e melhora clínica do sujeito, tanto nas atividades funcionais como naquelas relacionadas à dor. O programa de exercícios em CCF, nas condições experimentais utilizadas, foi eficiente no tratamento da síndrome da dor fêmoropatelar e contribuiu para a melhora clínica do sujeito.

**Palavras-chave:** exercício, cadeia cinética fechada, SDFP, eletromiografia, recuperação funcional.

### Abstract

*Objective:* Among the great diversity of physical therapeutic approaches suggested to the treatment of patellofemoral pain syndrome (PFPS), the closed kinect chain (CKC) exercises have been used very often, and this kind of exercise is able to improve the functional stability of the knee joint. The aim of this study was to assess the effect of closed kinect chain exercise in electromyography activity of quadriceps in a subject with PFPS. *Method:* A 24 years old female subject, with a previous diagnosis of PFPS without history of disabling pain and knee surgery took part in study. It was done a physical therapy assessment and also electromyographic and kinematic analysis of knee muscles during squatting with foot in neutral position, before and after 8 week's training in leg press. *Results:* There was a pattern electromyographic change of the extensors muscles of the knee after training and clinical improvement of the subject in his functional activities as well as in the pain. *Conclusión:* The result of the exercise program in closed kinect chain, in experimental conditions, was efficient in the treatment of patellofemoral pain syndrome and it also contributed to the subject's pain reduction.

**Key-words:** exercise, closed kinetic chain, PFPS, electromyography, functional recovery.

Artigo recebido em 4 de agosto de 2004; aceito em 20 de novembro de 2005.

**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

## Introdução

A Síndrome da Dor Fêmoropatelar (SDFP) é definida como dor retropatelar ou peripatelar, tida como uma das afecções mais comuns na clínica médica e desportiva [1,2]. Apesar da alta prevalência, sua etiologia permanece desconhecida [1,3].

O sintoma maior é a dor, geralmente difusa e situada na região anterior do joelho, que se agrava durante atividades que aumentam as forças de compressão fêmoropatelar tais como subir e descer escadas, agachar e permanecer sentado por tempo prolongado com os joelhos flexionados [1,2,4].

O tratamento conservador da SDFP tem por objetivo estabilizar a articulação fêmoro-patelar, visando melhora do deslizamento patelar, diminuindo assim a dor anterior do joelho. Tal estabilidade pode ser obtida por meio de exercícios em Cadeia Cinética Aberta (CCA) ou Cadeia Cinética Fechada (CCF) [4-6].

A partir da década de oitenta a utilização dos exercícios em CCF cresceu consideravelmente. Estudos biomecânicos sugerem que esses exercícios reproduzem padrões de movimentos funcionais e, conseqüentemente, geram menor estresse às estruturas do joelho. Além disso, indivíduos portadores da SDFP exibem melhores resultados após programa de reabilitação em CCF [5,7-9].

Vários trabalhos têm relatado a existência de padrões específicos de ativação EMG entre os músculos componentes do quadríceps, sugerindo que portadores da SDFP teriam um padrão EMG diferente dos indivíduos considerados normais. Os estudos mais relevantes concentraram-se na análise dos padrões EMG da porção medial do músculo Vasto Medial (VM) e Vasto Lateral (VL) do quadríceps femoral [10-13]. Alguns autores não observaram diferenças significativas da atividade EMG destes músculos durante a atividade reflexa e voluntária na extensão do joelho entre portadores da SDFP e indivíduos normais [10,11], enquanto outros mostraram o contrário [12,13]. Estas diferenças observadas na literatura podem ser explicadas, em parte, pela variabilidade metodológica empregada nesses estudos [4]. Pode-se dizer o mesmo em relação aos trabalhos que sugeriram posicionamentos específicos dos membros inferiores para favorecer ativação seletiva do VM [14-18].

Neste estudo de caso, primeiro foi avaliado se o treinamento do quadríceps em CCF pode favorecer mudanças nos padrões de atividade EMG do VM em relação ao VL, e sua implicação na qualidade dos movimentos funcionais. Segundo, avaliou-se as mudanças nos padrões EMG e sua relação com as atividades funcionais e o nível de dor. Terceiro, avaliou-se o efeito do treinamento em CCF nos padrões EMG durante atividades funcionais.

## Material e métodos

### *Sujeito*

Um sujeito do sexo feminino de 24 anos de idade fez parte do experimento. Apresentou-se com diagnóstico de

SDFP e história de dor intensa no joelho há 10 meses. O sujeito não relacionou o início dos sintomas a qualquer evento em particular, mas relatou que as dores iniciaram de forma insidiosa e pioravam quando subia e descia escadas, permanecia por tempo prolongado com os joelhos flexionados e ao agachar. Não apresentava dor incapacitante para realização das atividades propostas e não foi submetido a qualquer intervenção cirúrgica. Para a participação no estudo, um termo de consentimento livre e esclarecido foi assinado pelo sujeito e todos os seus direitos foram protegidos, baseados na aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP).

### *Protocolo de avaliação*

Os achados clínicos foram colhidos por meio de uma avaliação fisioterapêutica, a qual incluiu História da Moléstia Atual (HMA) e exame físico. No exame físico foram avaliados alinhamento postural, mobilidade passiva e ativa do joelho, palpação da patela e estruturas correlacionadas, perimetria, medida de comprimento dos membros inferiores, teste de função muscular e testes específicos para detecção ou exclusão de lesão meniscal e instabilidade ligamentar [19,20]. Os principais achados foram pés planos, geno valgo e hiperextendido, rotação interna do fêmur, anteversão da pelve, aumento da lordose lombar. Na palpação havia dor apenas na região antero-medial da patela, não havendo correlação com qualquer estrutura anatômica específica.

Foram utilizadas a escala de dor de Talig [21] e a escala funcional para avaliação da dor fêmoropatelar de Kujala [22]. Esta escala funcional possui 100 pontos possíveis, obtidos em atividades como: saltar, sentar, levantar e ao subir e descer escadas. Durante a avaliação da subida e descida de escadas o tempo de execução dessas tarefas foi monitorado. Finalmente, foi determinada qual era a repetição máxima (RM) do músculo quadríceps femoral no leg press [23].

Em seguida, o sujeito passou pela avaliação da atividade eletromiográfica (EMG) da porção medial do músculo vasto medial (VM), vasto medial longo (VML), vasto lateral (VL), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF), semitendíneo (ST), gastrocnêmio medial (GM) e lateral (GL) e tibial anterior (TA), coletada por eletrodos de fixados à pele do sujeito. Os dados foram coletados por meio de eletrodos ativos de superfície duplo diferenciais (Emgworks, Delsys), a uma frequência de 1000 Hz, utilizando módulo condicionador de sinais Northen Digital Inc.

A amplitude e velocidade angular também foram registradas por meio de marcas fixadas no ombro, crista ilíaca, joelho, maléolo lateral e quinta articulação metatarsofalangeana. A emissão de sinais infravermelhos destas marcas foi captada a uma frequência de 100 Hz por um sistema óptico tridimensional Optotrak 3020. Os sinais eletromiográficos (EMG) e cinemáticos foram sincronizados por um sincronizador Odau

II – Optotrak Data Acquisition Unit II e depois tratados matematicamente para a análise por um código em MatLab (Math Works Inc., versão 6.0). Posteriormente os dados eletromiográficos foram normalizados pela contração isométrica voluntária máxima (CIVM).

Após o protocolo de treinamento proposto, uma nova avaliação foi realizada para comparação dos dados clínicos e experimentais.

### Tarefa analisada

Para a avaliação cinemática e eletromiográfica o sujeito realizou duas tarefas de agachamento, uma de descida e outra de subida. Para a tarefa de descida, o sujeito partiu inicialmente da posição ortostática, com os pés em posição neutra, simulando o exercício em cadeia cinética fechada (CCF), joelhos totalmente estendidos e membros superiores com cotovelos estendidos e ombros flexionados a 90 graus. Partindo desta posição, o sujeito tinha um alvo a ser alcançado que estava relacionado ao ângulo de flexão do joelho. Partindo da posição inicial, o alvo foi posicionado de forma a induzir 50 graus de flexão do joelho. Posteriormente, o sujeito partia da posição agachada, joelhos flexionados a 50 graus, e teria que levantar até a posição ortostática (joelhos totalmente estendidos). Foram realizadas cinco tentativas para cada tarefa, sendo o sujeito instruído para efetuar o movimento o mais rápido possível. Os dados foram coletados em 2 dias consecutivos, antes do treinamento proposto, para estabelecer a linha de base.

### Protocolo de treinamento

O protocolo de treinamento para o fortalecimento do quadríceps femoral foi realizado numa frequência de três sessões semanais durante 8 semanas, totalizando 24 sessões de fisioterapia, utilizando o exercício em CCF executado no *Leg Press*. O grau de flexão do joelho durante a realização do exercício foi restrito a 50 graus, visando menor estresse fêmoropatelar [8,9] e os pés e tibia mantidos em posição neutra.

Adotamos o sistema piramidal crescente [23] como forma de treinamento. Foram realizadas 4 séries de 10 repetições em cada sessão de fisioterapia. A carga foi modificada em cada série com 40% da RM (primeira série), 60% da RM (segunda série), 80% da RM (terceira série) e 100% da RM (quarta e última série).

### Resultados

#### Relato da dor

Antes do treinamento o indivíduo referiu dor de grau elevado, durante a palpação da patela e durante atividades de vida diária, baseado na escala de Talig [21]. Após o treinamento o indivíduo deixou de referir dor nas condições citadas acima.

#### Atividades funcionais

A Tabela I mostra que o indivíduo foi capaz de subir e descer escadas mais rapidamente e diminuiu acentuadamente o relato de dor nas atividades funcionais, obtendo ganho de 37 pontos na escala de Kujala et al. [22].

**Tabela I - Atividades funcionais. Itens avaliados e comparados, antes e após o período de treinamento em CCF.**

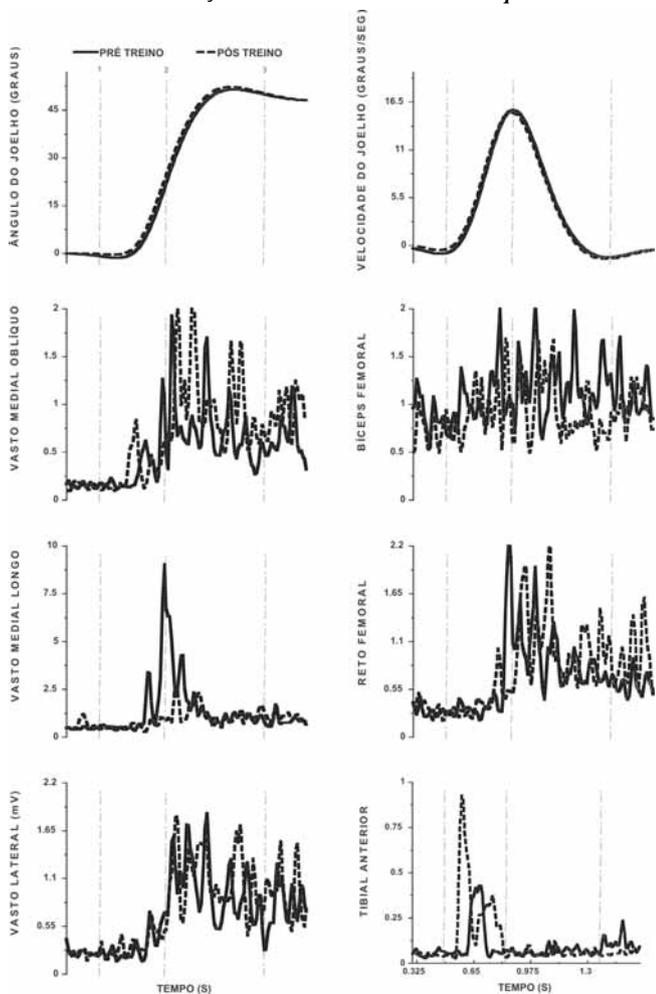
Itens avaliados	Antes do treinamento	Após o treinamento	Tempo de realização da tarefa (s)	
			Antes	Após
Subir escadas (10 degraus de 15 cm)	Dor leve	Sem dor	18,8	15,3
Descer escadas (10 degraus de 15 cm)	Dor acentuada	Sem dor (ocasionalmente um desconforto)	21,2	17,9
Sentar (cadeira)	Dor acentuada	Sem dor (ocasionalmente um desconforto)		
Levantar (cadeira)	Dor leve	Sem dor		
Saltar (apoio unipodal)	Não realizou (medo e insegurança)	Dor leve		
Permanecer sentado com os joelhos fletidos	Dor constante	Sem dor (ocasionalmente um desconforto)		

### Padrão cinemático e eletromiográfico durante flexão do joelho

A Figura 1 mostra que o treinamento não modificou a amplitude e velocidade dos movimentos do joelho durante a tarefa de agachar (contração excêntrica). Uma análise visual revela que após o tratamento houve maior ativação do VM e diminuição da ativação do VML. Já a atividade do RF e

BF não mudou de forma significativa. Nota-se também que a ativação das quatro porções do quadríceps foi iniciada na segunda metade da fase de aceleração do movimento (entre as barras verticais 1 e 2). A ordem de recrutamento dos componentes do quadríceps foi influenciada pelo treinamento, ocorrendo antecipação do VM e RF, e um atraso no início da ativação do VML.

**Figura 1** - Esta figura ilustra a atividade EMG normalizada dos músculos extensores (VM, VML, RF e VL), BF (antagonista) e TA na tarefa de agachamento (contração excêntrica). O ângulo do joelho e a velocidade do movimento também são mostrados. As linhas tracejadas verticais ilustram o início (1), pico (2) e final (3) da velocidade. Note a antecipação do músculo VM e diminuição da atividade EMG do VML após o treinamento.



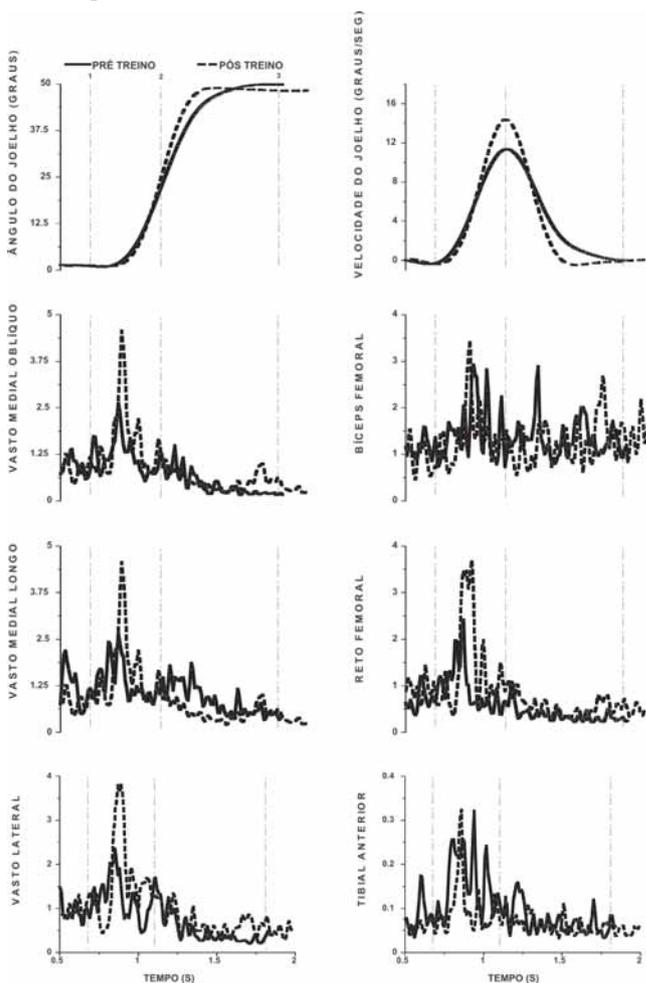
*Padrão cinemático e eletromiográfico durante extensão do joelho*

A Figura 2 mostra que após o treinamento o sujeito realizou a mesma amplitude angular, porém com maior velocidade, durante a tarefa de levantar (contração concêntrica). O aumento da velocidade do movimento foi acompanhado por maior atividade EMG do quadríceps (VM, VML, VL e RF) e da musculatura antagonista (BF).

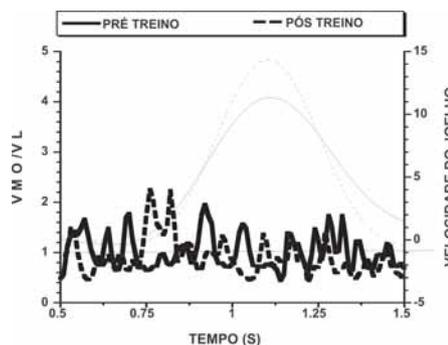
Na Figura 3 é mostrada a taxa de ativação do VM em relação ao VL, antes e depois do treinamento, durante o movimento de levantar. Note que a ativação do VM em relação ao VL varia durante o movimento e é influenciada pelo treinamento. A seta indica o predomínio da ativação do VM sobre o VL no início da fase de aceleração.

Os padrões cinemáticos e eletromiográficos mostrados nas Figuras 1, 2 e 3 são representativos de todas as tentativas coletas para o sujeito.

**Figura 2** - Esta figura ilustra a atividade EMG normalizada dos músculos extensores (VM, VML, RF e VL), BF (antagonista) e TA na tarefa de ficar em pé a partir da posição agachada com joelho fletido a 50 graus (contração concêntrica). O ângulo do joelho e a velocidade do movimento também são mostrados. As linhas tracejadas verticais ilustram o início (1), pico (2) e final (3) da velocidade. Note que a velocidade e a atividade EMG de todos os músculos extensores foi maior após o treinamento. Observe que o aumento da atividade EMG foi maior na fase de aceleração do movimento (antes do pico da velocidade).



**Figura 3** - Esta figura mostra a velocidade e a relação da atividade EMG entre VMO e VL antes e após o treinamento na tarefa de ficar em pé a partir da posição agachada (contração concêntrica). A atividade acima de 1 está relacionada com a atividade EMG do VMO, e abaixo de 1 está relacionada com a atividade EMG do VL.



## Discussão

Os exercícios em CCF têm sido frequentemente sugeridos para o tratamento da SDFP. No entanto, existem poucas evidências científicas que comprovam a eficácia do treinamento em CCF e seu efeito no desempenho muscular do quadríceps femoral e nos padrões de atividade EMG dos músculos estabilizadores da patela.

Nossos resultados corroboram com os relatos de que indivíduos portadores da SDFP apresentam alterações nos padrões de atividade EMG do quadríceps quando comparados a indivíduos normais, exibindo diminuição da atividade EMG e atraso no tempo de ativação do VM em relação ao VL [10,11]. Witvrouw et al. [5] demonstraram que os exercícios em CCF promovem melhora do quadro clínico e funcional dos indivíduos portadores da SDFP, no entanto os autores não avaliaram os padrões de atividade EMG do quadríceps. Nossos resultados sugerem que a antecipação da atividade EMG do VM, em relação ao VL e o aumento da atividade EMG do quadríceps, proporcionaram melhor controle do deslizamento patelar acompanhado pela redução da dor e melhor desempenho das atividades funcionais.

Finalmente, observamos que os padrões cinemáticos variam dependendo do movimento (descida e subida) e do tipo de contração muscular (excêntrica e concêntrica). No movimento de descida (contração excêntrica), esse padrão foi preservado após o treinamento. Por outro lado, no movimento de subida (contração concêntrica) o efeito mecânico do aumento da atividade EMG de todas as porções do quadríceps e da antecipação na ativação do VM em relação ao VL foi um ganho na força muscular refletido em maior velocidade do movimento, como demonstrado na Figura 3.

## Conclusão

Por se tratar de apenas um sujeito, esses dados precisam ser interpretados com muita cautela. Para generalização desses achados são necessários estudos randomizados, com maior número de sujeitos como amostra e tratamento estatístico adequado. Também é necessária análise da retenção dessas modificações após período de treinamento.

## Referências

1. Juhn MS. Patellofemoral pain syndrome: a review and guidelines for treatment. *Am Fam Physician* 1999;60:2012-8.
2. Fredericson M, Powers CM. Practical management of patellofemoral pain. *Clin J Sport Med* 2002;12:36-8
3. Crossley K, Bennell K, Green S, Cowan S, McConnell J. Physical therapy for patellofemoral pain: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Am J Sports Med* 2002;30:857-65.
4. Powers CM. Rehabilitation of patellofemoral joint disorders: a critical review. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;28:345-54.

5. Witvrouw E, Lyens R, Belleman J, Peers K, Vanderstraetem G. Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain. A prospective, randomized study. *Am J Sports Med* 2000;28:687-94.
6. Biond L, Hansen L. Patellofemoral pain syndrome in athletes: a 5.7- year follow-up study of 250 athletes. *Acta Orthop Belg* 1998;64:393-400.
7. Prentice WE. Técnicas de reabilitação em medicina esportiva. São Paulo: Manole; 2002. 612 p.
8. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk E, Andrews JR. Biomechanics of the knee during closed and open kinetic chain exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:556-69.
9. Steinkamp LA, Dillingham MF, Markel MD, Hill JA, Kaufman KR. Biomechanical considerations in patellofemoral joint rehabilitation. *Am J Sports Med* 1993;21:438-44.
10. Karst GM, Willett GM. Onset timing of electromyographic activity in the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther* 1995;75:813-23.
11. Sheeny P, Burdett RG, Irrgang JJ, Vandswearingen J. An electromyographic study of vastus lateralis activity while ascending and descending steps. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27:423-9.
12. Powers CM. Patellar kinematics, part I: the influence of vastus muscles activity in subject's with and without patellofemoral pain. *Phys Ther* 2000;80:956-64.
13. Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, Crossley KM, McConnell J. Delay 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.
14. Signorile JF, Kacsik D, Perry A, Robertson B, Williams R. The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;22:2-9.
15. 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.
16. Cerny K. Vastus medialis oblique/vastus lateralis muscle activity ratios for exercises in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther* 1995;75:672-83.
17. Väättäin UAO, Jaroma H, Kiviranta I. Decreased torque and electromyographic activity in the extensor thigh muscles in chondromalacia patellae. *J Sports Med* 1995;16:45-50.
18. Laprade JCE, Brouwer B. Comparison of five isometric exercises in the recruitment of the vastus medialis oblique in persons with and without patellofemoral syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;27:197-204.
19. Gross J. Exame musculoesquelético. Porto Alegre: Artes Médicas Sul; 2000
20. Hoppenfeld S. Propedêutica ortopédica: coluna e extremidades. São Paulo: Atheneu; 1997. 276 p.
21. Knigh KL. Crioterapia no tratamento das lesões esportivas. São Paulo: Manole; 2000. 304 p.
22. Kujala UM, Jaakkola LH, Koskinen SK, Taimela S, Hurme M, Nelimarkka O. Scoring of patellofemoral disorders. *Arthroscopy* 1993;9:159-63.
23. Fleck SJ, Kraemer WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular. 2a ed. São Paulo: Artmed; 1999. 241 p.