

ALESSANDRA INACIO TOMASIO

**COMPARAÇÃO ENTRE EXERCÍCIOS DE  
FORTALECIMENTO MUSCULAR EM CADEIA CINÉTICA  
ABERTA E CADEIA CINÉTICA FECHADA EM INDIVÍDUOS  
COM SÍNDROME PATELOFEMORAL**

Belo Horizonte

2012

ALESSANDRA INACIO TOMASIO

**COMPARAÇÃO ENTRE EXERCÍCIOS DE  
FORTALECIMENTO MUSCULAR EM CADEIA CINÉTICA  
ABERTA E CADEIA CINÉTICA FECHADA EM INDIVÍDUOS  
COM SÍNDROME PATELOFEMORAL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Fisioterapia em Ortopedia.

Área de concentração: Ortopedia

Orientadora: Lygia Paccini Lustosa, PhD.

Belo Horizonte  
2012

T655c Tomasio, Alessandra Inacio  
2012 Comparação entre exercícios de fortalecimento muscular em cadeia cinética aberta e cadeia cinética fechada em indivíduos com síndrome patelofemoral. [manuscrito] – Alessandra Inacio Tomasio. / 2012.  
20 f., enc.:il.

Orientadora: Lygia Paccini Lustosa

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.  
Bibliografia: f. 19-20

1. Articulação patelofemoral – Ferimentos e lesões. 2. Exercícios físicos. 3. Fisioterapia. I. Lustosa, Lygia Paccini. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 615.8

Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

## RESUMO

A síndrome dolorosa patelofemoral (SDPF) é uma patologia que afeta adultos-jovens (15-35 anos), principalmente do sexo feminino e tem sua etiologia multifatorial. Ela é caracterizada por uma dor difusa anterior ou retropatelar de origem insidiosa e consiste em 25% dos diagnósticos ortopédicos. Esta revisão da literatura tem como objetivo verificar e comparar os exercícios realizados em cadeia cinética aberta (CCA) e fechada (CCF) no tratamento da síndrome dolorosa patelofemoral (SDPF). As bases de dados pesquisadas foram LILACS, MedLine, SciELO e PeDro, utilizando os descritores *cadeia cinética fechada*, *cadeia cinética aberta*, *exercício*, *síndrome patelofemoral* e *disfunção patelofemoral*, de forma isolada e/ ou associada. Os desfechos analisados foram dor, força muscular, flexibilidade e desempenho funcional. Oito artigos satisfizeram os critérios de inclusão. Os resultados demonstraram que exercícios em CCA e CCF proporcionam redução da dor, melhora da capacidade funcional, maior ativação muscular dos flexores e extensores do joelho. Diferentes posições do tronco, da angulação de flexão do joelho, da rotação de quadril ou tíbia e incremento de carga são variáveis que devem ser observadas na prescrição dos exercícios.

**Palavras-chave:** Cadeia cinética fechada. Cadeia cinética aberta. Exercícios físicos. Síndrome patelofemoral. Disfunção patelofemoral.

## ABSTRACT

The patellofemoral pain syndrome (PFPS) is a condition that affects young adults (15-35 years), mostly female and have a multifactorial etiology. It is characterized by diffuse pain or previous retropatellar source insidious and consists of 25% of orthopedic diagnoses. This literature review aims to determine and compare the exercises performed in open kinetic chain (OKC) and closed (CKC) in the treatment of patellofemoral pain syndrome (PFPS). The databases were searched LILACS, MEDLINE, SciELO and PeDro, using the descriptors *open kinetic chain*, *closed kinetic chain*, *exercise*, *patellofemoral syndrome*, *patellofemoral dysfunction*, isolated and / or associated. The outcome measures were pain, muscle strength, flexibility and functional performance. Eight articles met the inclusion criteria. The results showed that OKC and CKC exercises provide pain relief, improved functional capacity, greater muscle activation of the knee extensors and flexors. Different positions of the trunk, the angle of knee flexion, rotation of the hip or tibia and incremental load are variables that must be observed when prescribing exercise.

**Keywords:** Open kinetic chain. Closed kinetic chain. Physical exercise. Patellofemoral syndrome. Patellofemoral dysfunction.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1.</b> Fluxograma: Processo de seleção de estudos para revisão .....	<b>11</b>
<b>QUADRO 1.</b> Caracterização dos estudos selecionados .....	<b>12</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>9</b>
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>10</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O joelho é uma das articulações mais lesionadas na prática esportiva. Em particular, a articulação patelofemoral torna-se susceptível à lesão e ao desenvolvimento de patologias, como a síndrome dolorosa patelofemoral (SDPF), por ser incapaz de dissipar as forças excessivas e compressivas<sup>(3,4)</sup>. A SDPF afeta adultos-jovens (15-35 anos), principalmente do sexo feminino e tem sua etiologia multifatorial<sup>(1,2)</sup>. Assim, é a disfunção mais comum presente na articulação do joelho e, consiste em 25% dos diagnósticos ortopédicos<sup>(3)</sup>. A SDPF é caracterizada por uma dor difusa anterior ou retropatelar de origem insidiosa e seu início não pode ser explicado por um trauma. Além disto, pode apresentar outros sinais como crepitação patelar, edema e bloqueio articular<sup>(4,5)</sup>. O indivíduo com SDPF, frequentemente, apresenta alteração da qualidade de vida, devido à limitação das atividades diárias como: subir ou descer escadas, ajoelhar, agachar, permanecer em posição sentada por tempo prolongado e durante a prática de atividades esportivas<sup>(2,4,6)</sup>. Neste contexto, a SDPF pode se tornar um problema crônico, forçando o indivíduo a interromper a prática de esportes e outras atividades semelhantes, tendo impacto não só na estrutura e função dos membros inferiores, mas também nas atividades e participação do indivíduo<sup>(7)</sup>. O diagnóstico desta condição é dado por meio de um exame clínico realizado por profissionais experientes, dentre eles o fisioterapeuta, sendo de suma importância uma avaliação detalhada<sup>(4)</sup>.

Os fatores etiológicos da SDPF ainda são controversos, o que caracteriza a síndrome como multifatorial e de grande complexidade. Alguns pesquisadores relacionam as disfunções patelofemorais com as alterações estruturais do eixo anatômico; alterações biomecânicas das articulações dos membros inferiores; desequilíbrio estático como a pronação excessiva da subtalar, aumento do ângulo Q, anteversão femoral, torção tibial externa, retináculo lateral retraído e comportamento patelar inadequado; ou ainda, com os desequilíbrios dinâmicos, ou seja, desequilíbrio muscular entre os estabilizadores articulares<sup>(1,2,4)</sup>. Neste caso, este desequilíbrio dinâmico, na maioria das vezes, está relacionado com o surgimento de um padrão anormal do alinhamento patelar e, com uma alteração na atividade dos estabilizadores mediais e laterais da articulação patelofemoral (músculos vasto medial oblíquo [VMO], vasto lateral longo [VLL] e o vasto lateral oblíquo [VLO])<sup>(3,8)</sup>. E ainda, nos pacientes com SDPF, além do desequilíbrio entre os músculos

extensores do joelho, alguns estudos apontam para um padrão anormal de disparo da inervação desta musculatura <sup>(7)</sup>.

Por outro lado, a cartilagem articular que recobre a superfície patelar do fêmur é mais fina que a da patela. Além disto, a superfície cartilaginosa da patela na faceta medial é mais fina que a lateral e, a cartilagem patelar é mais permeável e elástica ao ser comparada com as outras cartilagens do corpo <sup>(9)</sup>. Estas características permitem um aumento da superfície de contato articular, quando a articulação está sendo submetida à carga, reduzindo a pressão entre as superfícies. E ainda, a patela possui uma incongruência articular e devido a sua capacidade em movimentar em relação ao fêmur, seu ponto de contato muda com o posicionamento da articulação do joelho (flexão ou extensão), modificando assim as forças de compressão. Neste caso, a principal estrutura responsável por ativar as forças exercidas na patela é o músculo quadríceps femoral, capaz de controlar a posição da patela em relação à tróclea <sup>(9)</sup>.

O tratamento conservador é considerado a primeira e melhor opção para os indivíduos com SDPF <sup>(1)</sup>. Neste contexto, vários programas de treinamento e utilização de exercícios específicos têm sido preconizados na prática clínica e no meio científico. Durante muito tempo, apenas exercícios em cadeia cinética aberta (CCA) eram realizados para o fortalecimento da extremidade inferior, e, eram indicados para favorecer o aumento das forças de compressão patelofemorais. Porém, atualmente, exercícios em cadeia cinética fechada (CCF) têm sido incorporados aos programas de tratamento. Esta mudança aconteceu após a melhor compreensão da cinesiologia e da biomecânica articular, embasando que os exercícios em CCF são movimentos multiarticulares com a extremidade distal fixa que geram co-contração muscular e proporcionam maior estabilidade articular. Além disto, reproduzem os movimentos funcionais executados nas atividades de vida diária <sup>(5,8,10)</sup>.

Assim, são vários os programas de fortalecimento muscular preconizados para a reabilitação da SDPF, porém ainda existem controvérsias quanto à utilização dos exercícios em CCA e CCF <sup>(4)</sup>. Na prática clínica, observa-se a grande utilização dos exercícios de alongamento e principalmente de fortalecimento muscular para o tratamento desta síndrome. No entanto, ainda são controversos os estudos que comparam exercícios realizados em CCF e CCA, e que avaliam as alterações no padrão de ativação do VMO, VLL e VLO, e seu papel na estabilização patelar <sup>(3)</sup>.

Nesta perspectiva, alguns estudos foram realizados visando identificar quais exercícios eram mais vantajosos para ativar o VMO de forma seletiva, uma vez que sua fraqueza vem sendo apontada como um fator de risco para o aumento no estresse da articulação patelofemoral e consequente desgaste da cartilagem articular posterior <sup>(2)</sup>.

Neste contexto, estudos demonstram evidência em relação ao fortalecimento do VMO, sendo que exercícios em CCF nos primeiros 60° de flexão do joelho são mais tolerados por indivíduos com SDPF e promovem uma ativação seletiva do VMO <sup>(1,2)</sup>. Dentre os exercícios em CCF, o agachamento é considerado o mais seguro e efetivo, devido ao efeito estabilizador por meio da co-contracção dos músculos quadríceps e isquiossurais <sup>(1)</sup>. Por outro lado, Cabral *et al.* demonstraram que a força de reação patelofemoral é maior no exercício de extensão da perna realizado no *leg-press* nos ângulos de 0° e 30° de flexão, ocorrendo o inverso em 60° e 90°. Além disto, os autores evidenciaram que os exercícios em CCA quando comparados com exercícios em CCF produzem menores forças compressivas quando a perna encontra-se fletida a aproximadamente 90° e produzem maiores forças compressivas quando o ângulo de flexão é menor que 57° <sup>(4)</sup>. Assim, sabe-se que a magnitude da força compressiva patelofemoral é afetada pelo modo de execução do exercício, sendo que maiores flexões de joelho aumentam a força patelofemoral. No entanto, ainda existem controvérsias sobre qual seria a melhor modalidade de exercício.

Assim, na ausência de consenso quanto à efetividade dos exercícios utilizados para tratar indivíduos com SDPF, considerando se eles são funcionais ou mais adequados para ganho de massa e força muscular, faz-se necessário a realização de novos estudos que objetivem esclarecer estas controvérsias. Desta forma, o objetivo deste estudo foi verificar e comparar os exercícios realizados em cadeia cinética aberta e fechada no tratamento da síndrome patelofemoral, por meio de uma revisão da literatura.

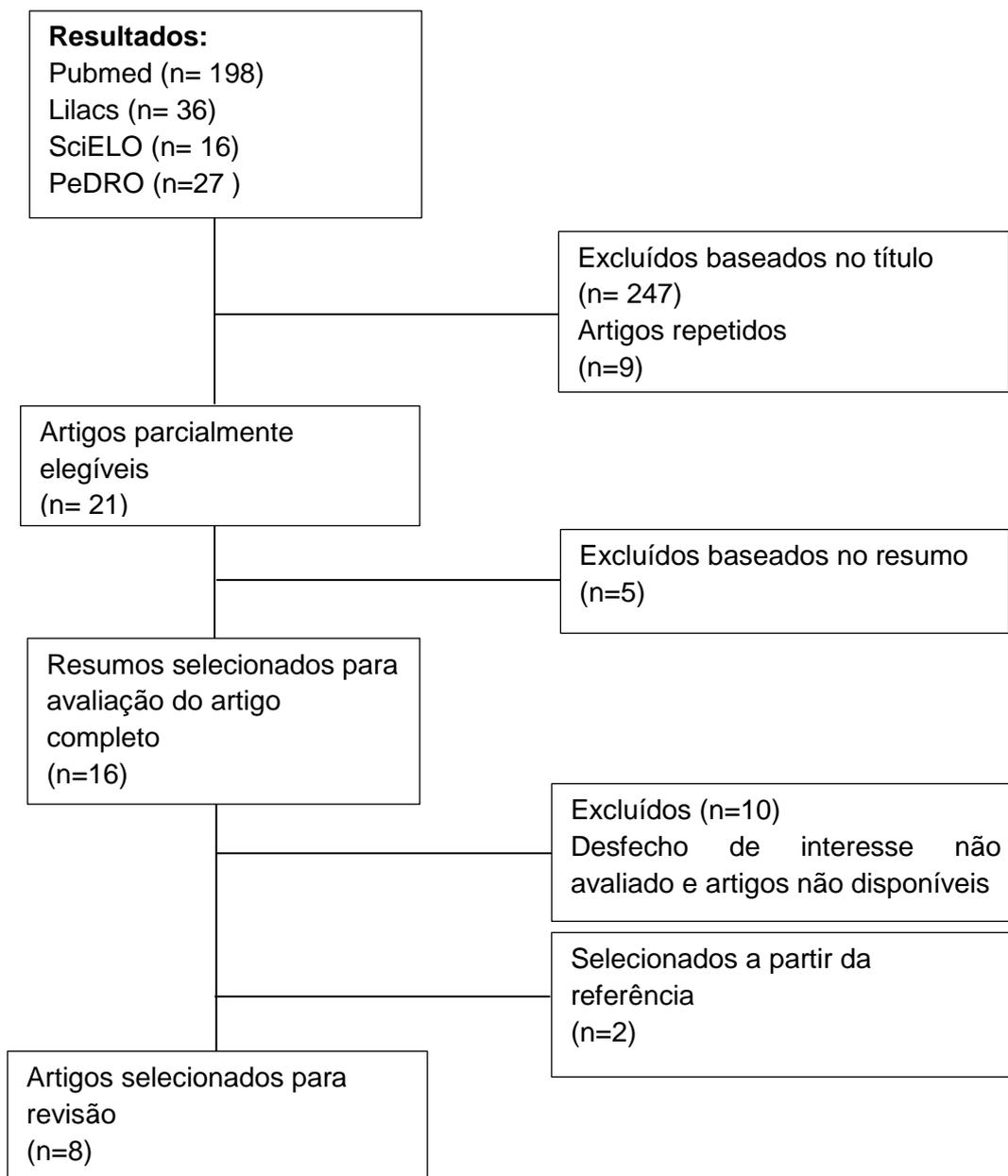
## 2 METODOLOGIA

Foi realizada uma busca da literatura nas bases de dados Lilacs, MedLine, SciELO e PeDro. Os descritores utilizados na busca de dados foram *cadeia cinética fechada*, *cadeia cinética aberta*, *exercício*, *síndrome patelofemoral* e *disfunção patelofemoral*, de forma isolada e/ ou associado. A busca de artigos foi realizada durante todo o período de elaboração da revisão. As palavras-chave foram pesquisadas em inglês e foram selecionados artigos publicados de 2005 a 2012.

Os critérios de inclusão e seleção foram estudos que verificaram de forma isolada ou que compararam exercícios em cadeia cinética fechada e aberta (isométricos ou isotônicos) para tratamento da síndrome patelofemoral; realizados em indivíduos adultos; sem distinção de gênero; publicados em inglês ou português. Não houve restrição quanto ao tipo de avaliação das variáveis de desfecho, sendo de interesse a dor, força muscular, flexibilidade e desempenho funcional.

### **3 RESULTADOS**

A busca resultou no total de 277 artigos. Após a leitura dos títulos, 247 foram excluídos, por não atenderem aos critérios de inclusão. Nove artigos encontrados em bases de dados diferentes eram repetidos. Vinte e um artigos foram selecionados para a leitura do resumo e foram excluídos cinco destes. Dos 16 artigos selecionados para a leitura na íntegra, quatro não estavam disponíveis na rede. Além disto, excluíram-se seis por serem artigos de revisão da literatura. Foram incluídos dois artigos a partir das referências citadas nos artigos encontrados. Assim, a pesquisa bibliográfica revelou oito artigos que satisfizeram os critérios desta revisão da literatura (FIG. 1).



**FIGURA 1.** Fluxograma: Processo de seleção de estudos para revisão

A caracterização dos estudos foi realizada levando em consideração os seguintes dados: tipo de estudo, amostra (números, gênero e idade), grupos de comparação, características do exercício, duração e frequência do tratamento, duração da intervenção adotada, e desfechos analisados (QUADRO 1).

## QUADRO 1

### Caracterização dos estudos selecionados

Autor /ano	Tipo de estudo	Amostra		Grupos de comparação	Características do exercício	Frequência do exercício	Duração da intervenção	Desfecho
		numero e sexo	Idade					
CABRAL <i>et al.</i> (2008)	Ensaio clínico Quase Verdadeiro	20 Mulheres	18 a 32 anos	2 Grupos: CCF x CCA	CCF: leg press e CCA: cadeira extensora	2x/semana	8 semanas	Dor, capacidade funcional, flexibilidade, encurtamento dos isquiossurais, ângulo Q, ativação muscular (VM e VL) e avaliação postural.
SANTOS <i>et al.</i> (2008)	Ensaio clínico randomizado controlado cego	20 Mulheres	Assintomáticas: 22,4±1,65; e SDPF: 24,7±4,35 anos.	2 Grupos: Assintomático x SDFP	Extensão isométrica, extensão isocinética com aparelho, agachamento sobre um membro, subir e descer step (45° e 75° de flexão respectivamente), levantar de um banco, salto unipodal, elevação dos calcanhares e manter-se sobre eles.	—	—	Amplitude de movimento, ativação muscular (VMO, VLL e VLO) durante atividades funcionais e de CCA.
HIRATA E DUARTE (2007)	Ensaio transversal	10 indivíduos saudáveis (7 homens e 3 mulheres)	Média de 25±5 anos.	—	Agachamento com o joelho não ultrapassando a linha vertical que passa pelos dedos do pé e Agachamento ultrapassando a linha vertical, com carga de 40% do peso corporal.	—	—	Análise cinemática tridimensional, força e torque.
GROSSI <i>et al.</i> (2005)	Ensaio transversal	30 Mulheres	Controle: 20,93±3,15; e SDPF: 21,8 ± 3,12 anos.	2 Grupos: Controle x SDFP	Exercícios de agachamento wall slide (com dorso encostado à parede) com joelhos a 45° e a 60° de flexão.	—	—	Atividade elétrica dos músculos VMO, VLL e VLO.
O'SULLIVAN E POPELAS (2005)	Ensaio clínico experimental Verdadeiro	12 indivíduos (4 homens e 8 mulheres) com SDPF	15 - 22 anos	—	Exercícios em CCA: Extensão de joelho completa sem rotação tibial, com rotação tibial medial e lateral. E exercícios em CCF : Agachamentos com os joelhos fletidos a 60° com quadril em neutro, rotação interna e rotação externa.	—	—	Ativação EMG muscular do VMO e funcionalidade.
FEHR <i>et al.</i> (2006)	Ensaio clínico experimental Verdadeiro	24 Voluntários (17 mulheres e 7 homens)	—	2 Grupos: CCF x CCA	CCF: isométrico de quadríceps a 20° e 40°; semi-agachamento e pressão das pernas; e CCA: isométrico de quadríceps a 90°, 70° e 50° e na mesa flexo-extensora.	3x/semana em dias alternados	8 semanas	Ativação EMG muscular (VM e VL), dor e funcionalidade.
SOUSA <i>et al.</i> (2007)	Ensaio clínico Quase Verdadeiro	12 indivíduos saudáveis (6 homens e 6 mulheres)	Média de 21,1 ± 2,5 anos.	—	Agachamento com 40°, 60° e 90° de flexão do joelho associado com tronco ereto ou fletido, com (10 Kg) ou sem carga externa.	3 sessões por semana	8 semanas	Ativação EMG dos músculos bíceps femoral, reto femoral, sóleo, gastrocnêmios e tibial anterior.
STENS DOTTER <i>et al.</i> (2007)	Ensaio transversal	34 pessoas (17 com SDPF e 17 controles saudáveis)	SDPF: 27,7 ± 6,6 anos e Controle: 26,0 ± 4,6 anos.	2 Grupos: Saudáveis x SDFP	CCA: extensão isométrica e CCF: como uma tarefa de tempo de reação, ambos em um dinamômetro isocinético com modificação do local onde a resistência foi aplicada.	—	—	Ativação EMG de quadríceps (VMO, VML, VL e RF).

Os resultados encontrados por Cabral *et al.*<sup>(4)</sup> demonstraram que após a intervenção de 8 semanas houve uma melhora na capacidade funcional, redução do encurtamento dos isquiossurais e melhora na flexibilidade muscular em ambos os grupos (aqueles que realizaram exercícios em CCA e CCF), sem ter sido evidenciado diferença significativa entre os grupos. Por outro lado, apenas o grupo CCF apresentou redução na intensidade do quadro algico e aumento da ativação na eletromiografia (EMG) do músculo vasto lateral (VL). Não houve modificação do ângulo Q em nenhum dos grupos, assim como não foi encontrada diferença estatística significativa na ativação do vasto medial oblíquo (VMO).

Santos *et al.*<sup>(3)</sup> avaliaram indivíduos com SDPF e identificaram uma redução na intensidade da ativação do VMO quando comparado ao vasto lateral oblíquo (VLO), além de maior retardo no tempo de ativação do VMO, em alguns exercícios pesquisados. Estes exercícios consistiam em: extensão isométrica máxima no dinamômetro isocinético, extensão isocinética com aparelho a 30°/s, agachamento sobre o membro avaliado, subir e descer degrau (45 e 75° de flexão respectivamente), levantar de um banco sem apoio, salto unipodal, elevação dos calcanhares do solo e manter-se sobre os calcanhares. Durante todas as atividades pesquisadas foi encontrada maior ativação do VLO. Além disso, indivíduos com SDPF apresentaram diferença significativa do VMO comparado ao VLO durante os exercícios de extensão isocinética a 30°/s e descida do degrau a 75° de flexão de joelho. O grupo sem dor (grupo controle) apresentou diferença nos exercícios de levantar de um banco, salto unipodal e elevação dos calcanhares. Não foi encontrada uma relação entre VMO/VLL entre os grupos em nenhum dos exercícios realizados.

Hirata e Duarte<sup>(11)</sup> avaliaram o pico de torque dos extensores e o ângulo de realização do agachamento. Os autores evidenciaram que, durante o agachamento, o ângulo médio de flexão do joelho foi de  $92 \pm 15^\circ$  quando o joelho não ultrapassou a linha vertical que passava pelos dedos do pé. Por outro lado, quando o joelho ultrapassava esta linha vertical este ângulo foi de  $78 \pm 18^\circ$ . O pico de torque encontrado ao realizar o agachamento foi de  $38 \pm 31\%$  e a força na articulação patelofemoral de  $28 \pm 27\%$ , sendo maior na condição que ultrapassava a linha vertical.

Os resultados obtidos com o estudo de Grossi *et al.*<sup>(1)</sup> mostraram que o agachamento *wall slide* (WS) a 60° apresentou maior atividade eletromiográfica dos

músculos VMO, VLL e VLO quando comparados com o agachamento a 45°, para os dois grupos analisados - controle e com SDPF. No grupo controle, observou-se maior atividade do VLL quando comparado com os músculos VMO e VLO, durante o agachamento WS 45°. Neste grupo, durante o WS 60° não foram observadas diferenças na ativação muscular. No grupo com SDPF foram encontradas diferenças significativas para os músculos VMO, VLL e VLO nas duas condições de agachamento.

O'Sullivan e Popelas <sup>(2)</sup> demonstraram que o grupo com SDPF apresentou limitação funcional de leve a moderada, apresentando pontuação média de 54,2 na Escala Funcional de Extremidade Inferior. No exercício em CCA, realizando extensão terminal do joelho com rotação medial da tibia foi alcançada máxima atividade do VMO. Em relação ao exercício em CCF, o agachamento com rotação externa do quadril promoveu máxima ativação do VMO.

Exercícios realizados em CCA e CCF não apresentaram mudanças nos padrões de ativação EMG dos músculos VMO e VL, tanto na fase concêntrica quanto excêntrica, assim como da razão VMO/VL pré e pós-tratamento <sup>(8)</sup>. Ao final do período de intervenção o grupo que realizou exercícios em CCF obteve redução acentuada na intensidade da dor e melhora na funcionalidade, comparado ao grupo que realizou exercícios em CCA.

Sousa *et al.* <sup>(10)</sup> mostraram que o bíceps femoral, durante o agachamento com 40° de flexão de joelho, apresentou maior ativação quando o tronco estava flexionado. Quando o agachamento era realizado com o tronco ereto a maior ativação obtida foi do tibial anterior e, posteriormente do reto femoral. Além disto, eles demonstraram que houve co-ativação entre os músculos reto femoral e bíceps femoral durante o agachamento realizado com o tronco fletido. Por outro lado, ao realizar o exercício com carga de 10 Kg, a maior ativação foi do músculo sóleo, seguida pelo músculo reto femoral. Da mesma forma, houve co-ativação entre o tibial anterior e o bíceps femoral no agachamento a 40° de flexão do joelho, tanto com o tronco ereto quanto com o tronco fletido e, entre o tibial anterior e o sóleo, nas demais posições. E ainda, os autores demonstraram uma influência na posição do tronco e na carga adicional de 10 kg em relação à ativação muscular do reto femoral durante o agachamento a 60° de flexão de joelho. Neste caso, a ativação com o tronco ereto foi maior, assim como para o bíceps femoral e para o tibial anterior. Durante o agachamento com o tronco ereto houve uma co-ativação entre os

músculos reto femoral e tibial anterior; reto femoral e sóleo, e, tibial anterior e sóleo. Com o tronco em flexão, a co-ativação foi dos músculos reto femoral e sóleo, e, bíceps femoral e tibial anterior. Durante o agachamento com o joelho fletido a 90° e o tronco fletido com ou sem carga, a maior ativação EMG encontrada foi do reto femoral.

Stensdotter *et al.*<sup>(5)</sup> demonstraram que o grupo com SDPF obteve ativação do quadríceps tardiamente nos exercícios em CCF após o estímulo auditivo, quando comparados com o grupo controle. Além disso, a atividade muscular foi maior no exercício de CCA quando comparado ao de CCF para ambos os grupos. A ativação do VMO e VL foi maior do que a ativação do reto femoral no exercício em CCF para os dois grupos.

## 4 DISCUSSÃO

A pesquisa bibliográfica realizada revelou oito artigos que satisfizeram os critérios de seleção desta revisão da literatura. Exercícios em CCF foram utilizados em três estudos, enquanto cinco estudos realizaram a comparação de exercícios em CCA e CCF. Do total de artigos selecionados, apenas dois tinham como desfecho dor e funcionalidade, e ambos foram conduzidos com grupos que realizaram exercícios em CCA e CCF. Em um destes artigos foi obtido redução na intensidade da dor apenas no grupo que realizou exercício em CCA <sup>(4)</sup>. No entanto, o grupo que realizou exercício em CCF apresentava valores menores na Escala Visual Analógica (EVA), ao iniciar a intervenção, podendo justificar a ausência de modificação após a intervenção. Por outro lado, os dois grupos apresentaram melhora no desempenho de atividades funcionais após o tratamento <sup>(4)</sup>. Contrariamente a este estudo, Fehr *et al.* demonstraram melhora na intensidade da dor e funcionalidade nos dois grupos estudados, porém mais acentuada no grupo que realizou exercícios em CCF <sup>(8)</sup>. Apenas um estudo teve como desfecho somente a funcionalidade, e os autores demonstraram limitações funcionais moderadas por meio da pontuação obtida na Escala Funcional de Extremidades Inferiores <sup>(2)</sup>. Uma possível explicação para essa diferença nos resultados é a diferença na metodologia da intervenção. Por outro lado, alguns estudos sugere que oito semanas de tratamento, sendo este em CCF ou CCA, é capaz de promover redução da dor e melhora da capacidade funcional em indivíduos com SDPF <sup>(4, 8 e 10)</sup>. Este é um efeito importante visto que a dor é um fator limitante na realização de atividades de vida diária.

Posturas diferentes de tronco, e incremento de carga podem alterar a ativação da musculatura dos membros inferiores. Em um estudo realizado com 12 indivíduos que executaram exercícios em CCF (agachamento) em diferentes angulações de flexão de joelho, com posição diferente de tronco, e presença ou não de carga, foi observada uma maior ativação do bíceps femoral no agachamento com 40° de flexão de joelho, tronco fletido e carga de 10 Kg <sup>(10)</sup>. Os autores discutiram a possibilidade de influencia do deslocamento do centro de gravidade anteriormente e o melhor comprimento/tensão dos isquiossurais, auxiliando nesta maior ativação. Por outro lado, com o tronco ereto observou-se maior ativação do reto femoral, bíceps femoral e tibial anterior. Com incremento de carga observou-se maior

ativação do reto femoral e sóleo apenas em 40 e 60° de flexão do joelho e, com o tronco fletido e em 90° de flexão de joelho, com ou sem carga, observou-se maior ativação do reto femoral <sup>(10)</sup>. No entanto, a maior ativação do reto femoral ocorreu com tronco ereto, com 60° de flexão de joelho e adicional de 10 Kg de carga. Os autores explicaram estes resultados pela relação comprimento-tensão do reto femoral e pelo controle do maior torque flexor nesta posição. Além disto, eles sugeriram que o incremento de carga deve ser adicionado com cuidado, uma vez que pode gerar uma força compressiva de cisalhamento na articulação tíbio-femoral e, parece não ser benéfico no agachamento <sup>(10)</sup>. Por outro lado, a posição de tronco pode ser usada na prática clínica sem risco de sobrecarga para a articulação e melhor ativação muscular. Embora este estudo tenha detectado achados relevantes, seus resultados devem ser utilizados com cautela em indivíduos com SDPF, visto que os autores conduziram o estudo com indivíduos saudáveis.

O VMO vem se mostrando um músculo de difícil ativação isolada. No entanto, exercícios realizados com ou sem rotações de quadril e da tíbia podem influenciar seus padrões de ativação. O' Sullivan e Popelas <sup>(2)</sup> demonstraram que os exercícios em CCA apresentaram maior ativação do VMO durante a extensão final de joelho com rotação medial da tíbia. Nos exercícios propostos em CCF a ativação do VMO foi analisada durante agachamentos com 60° de flexão de joelho com quadril em neutro, em rotação externa ou interna. Os autores encontraram maior ativação durante a rotação externa de quadril <sup>(2)</sup>. Por outro lado, o mesmo nível de ativação foi obtido em parte da amostra, quando executaram o movimento com o quadril em neutro. Assim, os autores sugeriram que este tipo de agachamento também pode ser realizado visando a ativação do VMO <sup>(2)</sup>. Do ponto de vista metodológico, este estudo apresenta limitação quanto ao tamanho da amostra e ao desenho experimental. Contudo, seu resultado contribui para a prática clínica, e estes exercícios podem auxiliar no tratamento de indivíduos com SDPF.

A literatura aponta que exercícios em CCA promovem um aumento das forças de compressão patelofemorais, e os últimos graus de extensão do joelho devem ser evitados <sup>(8)</sup>. Este pressuposto é explicado pelo fato de haver menor contato articular, com conseqüente distribuição das forças compressivas em uma pequena área, gerando um aumento do estresse na articulação patelofemoral <sup>(8)</sup>. Concordando com esse ponto de vista, Grossi *et al.* <sup>(1)</sup> afirmam que além de proporcionar menor contato, a extensão de joelho nos últimos graus provoca menor instabilidade

articular. Além disto, a literatura aponta que os exercícios em CCF, nos primeiros graus de flexão do joelho, provocam uma menor tração lateral da patela <sup>(4)</sup>. Assim, Fehr *et al.* <sup>(8)</sup> compararam exercícios realizados em CCA, entre 90 e 50° de flexão com os exercícios realizados em CCF executados de 0 a 50° de flexão do joelho e, demonstraram que tanto exercícios em CCF como em CCA, nestas angulações, geraram sobrecarga na articulação patelofemoral. Além disto, indivíduos com SDPF que realizaram exercícios em CCF apresentaram aumento na atividade eletromiográfica do VL, e redução acentuada da ativação do VMO durante a fase excêntrica do exercício <sup>(8)</sup>. Os autores discutiram a possibilidade da influência das angulações de execução do exercício, em particular daqueles realizados em CCA, que parecem ter favorecido a contração de todas as porções do músculo quadríceps femoral <sup>(8)</sup>.

Estes achados não corroboram com os encontrados por Santos *et al.* <sup>(3)</sup> que demonstraram uma diminuição na ativação do VMO em relação ao VLO, em indivíduos com SDPF, durante a realização de atividades em CCF e CCA. Neste caso, os autores sugeriram que a maior ativação do VLO poderia ser explicada pelo retardo no tempo de ativação do VMO e antecipação do VLL. Dessa forma, nota-se um desequilíbrio muscular entre os estabilizadores patelares mediais e laterais em pessoas com SDPF.

Resultados similares foram descritos por Grossi *et al.* <sup>(1)</sup> no agachamento a 45° no grupo sem SDPF. Nesta situação houve maior atividade elétrica do músculo VLL, e no agachamento a 60° ocorreu maior atividade elétrica para todos os músculos quando comparados ao agachamento a 45°. Estes resultados indicam que em indivíduos sem dor, o agachamento a 45° não deve ser o exercício de escolha para promover o fortalecimento do quadríceps, pois com a ativação favorecida do VLL pode causar um desequilíbrio entre os estabilizadores dinâmicos da patela. Por outro lado, como o grupo com SDPF não apresentou diferença significativa no resultado entre os músculos VMO, VLO e VLL, este pode ser um exercício considerado na prática clínica. Assim, como os exercícios em CCF e CCA geram menor ativação elétrica de VMO em relação ao VLO e VLL com o aumento da flexão de joelho, isto deve ser considerado nas suas indicações. A melhor indicação para os exercícios em CCF seria os agachamentos com flexão de joelho em 60°.

Dos estudos selecionados apenas um analisou o torque extensor durante o agachamento <sup>(11)</sup>. Os autores utilizaram como referência o agachamento com o

joelho ultrapassando (U) ou não a linha vertical (NU) que passa pela ponta do pé. Quando o joelho encontra-se na posição U foi encontrada maior força compressiva na articulação patelofemoral. Comprovando que quanto maior a flexão de joelho maior a força de compressão, podendo resultar em lesões musculoesqueléticas <sup>(11)</sup>. Neste caso, é importante salientar que os exercícios em CCF devem ser realizados sem que o joelho ultrapasse a linha vertical do pé evitando as forças de compressão, além disso, a amostra utilizada foi de indivíduos saudáveis, necessitando de cautela para utilização dos resultados em indivíduos com SDPF.

Stonsdotter *et al.* <sup>(5)</sup> demonstraram que indivíduos com SDPF foram mais lentos em responder a um estímulo sonoro, quando realizavam tarefas em CCA e CCF. Esta reação mais lenta ocorreu na ativação do VMO e, os autores argumentaram que esta poderia ser uma estratégia para evitar a dor, e poderia apresentar relação com as alterações no processamento de informação. Portanto, tanto o exercício em CCF quanto em CCA, geram um início tardio da atividade EMG do VMO.

Outro item a ser abordado, refere-se à frequência, duração e intensidade dos exercícios que são variáveis importantes a serem analisadas antes de se prescrever um programa de fortalecimento muscular. Neste caso, apenas três dos oito estudos incluídos nesta revisão apresentaram um programa de intervenção especificando estas variáveis. Estes estudos apresentaram uma proposta de um período de 8 semanas, com frequência de 2 ou 3 vezes por semana <sup>(4, 8 e 10)</sup>. Além disto, a carga foi modulada à medida que o paciente relatava ausência de dor. No entanto, não foi possível apresentar dados conclusivos quanto estas variáveis.

Assim, os resultados dos estudos utilizados nesta revisão demonstram que exercícios em CCA e CCF podem ser benéficos para indivíduos com SDPF. No entanto, são necessários estudos de melhor qualidade metodológica (ensaios clínicos randomizados), com maior número amostral e que incluam a análise de seguimento (*follow-up*) para determinar a efetividade destes tratamentos quanto à redução da dor, recuperação funcional, maior ativação dos estabilizadores patelares e conseqüente melhora da qualidade de vida.

## **5 CONCLUSÃO**

Os resultados desta revisão da literatura indicaram que um programa de exercício em CCA e CCF proporciona redução da dor, melhora da capacidade funcional, maior ativação muscular dos flexores e extensores do joelho. Além disto, diferentes posições de tronco, angulações de flexão, rotações de quadril ou tíbia e incremento de carga devem ser observados na indicação destes exercícios.

## REFERÊNCIAS

- (1) GROSSI D.B. *et al.* Avaliação eletromiográfica dos músculos estabilizadores da patela durante exercício isométrico de agachamento em indivíduos com síndrome da dor femoropatelar. **Rev Bras Med Esporte**, v.11, n. 3, p. 159-163, 2005.
- (2) O'SULLIVAN S.P.; POPELAS C.A. Activation of vastus medialis obliquus among individuals with patellofemoral pain syndrome. **J Strength Cond Res**, v.19, n. 2, p. 302-4, 2005.
- (3) SANTOS E.P. *et al.* Atividade eletromiográfica do vasto medial oblíquo e vasto lateral durante atividades funcionais em sujeitos com síndrome da dor patelofemural. **Rev. bras. fisioter**, v.12, n. 4, p. 304-310, 2008.
- (4) CABRAL C.M.N. *et al.* Fisioterapia em pacientes com síndrome fêmoro-patelar: comparação de exercícios em cadeia cinética aberta e fechada. **Acta Ortop Bras**, v.16, n. 3, p. 180-5, 2008.
- (5) STENSDOTTER A.K. *et al.* Quadriceps EMG in open and closed kinetic chain tasks in women with patellofemoral pain. **J Mot Behav**, v. 39, n. 3, p. 194-202, 2007.
- (6) HARVIE D; O'LEARY T; KUMAR S. A systematic review of randomized controlled trials on exercise parameters in the treatment of patellofemoral pain: what works? **J Multidiscip Health**, v. 4, p. 383-392, 2011.
- (7) LINSCHOTEN R. *et al.* The PEX study – Exercise therapy for patellofemoral pain syndrome: design of a randomized clinical trial in general practice and sports medicine. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 7, n.31, 2006.
- (8) FEHR G.L. *et al.* Efetividade dos exercícios em cadeia cinética aberta e cadeia cinética fechada no tratamento da síndrome da dor femoropatelar. **Rev Bras Med Esporte**, v. 12, n. 2, p. 66-70, 2006.
- (9) NOBRE T.L. Comparação dos exercícios em cadeia cinética aberta e cadeia cinética fechada na reabilitação da disfunção femoropatelar. **Fisioter. mov**, v. 24, n. 1, p. 167-172, 2011.

- (10) SOUSA C.O. *et al.* Atividade eletromiográfica no agachamento nas posições de 40°, 60° e 90° de flexão do joelho. **Rev Bras Med Esporte**, v.13, n. 5, p. 310-6, 2007.
- (11) HIRATA R.P.; DUARTE M. Efeito da posição relativa do joelho sobre a carga mecânica interna durante o agachamento. **Rev. bras. Fisioter**, v.11, n. 2, p. 121-125, 2007.