

CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO CAMILO
Curso de Fisioterapia

Isabela Lopes Dombrady

**EXERCÍCIOS DE CADEIA CINÉTICA ABERTA E FECHADA EM PACIENTES COM
DOR FEMOROPATELAR**

São Paulo
2024

Exercícios de cadeia cinética aberta e fechada em pacientes com dor femoropatelar

Open and closed kinetic chain exercises in patients with patellofemoral pain

Ejercicios de cadena cinética abierta y cerrada en pacientes con dolor femoropatelar

Isabela Lopes Dombrady

Graduanda em fisioterapia

Instituição: Centro Universitário São Camilo – CUSC, São Paulo, Brasil

Endereço: Rua Raul Pompéia, 114, Pompéia - SP, CEP: 05024-040

E-mail: isabela.dombrady@aluno.saocamilo-sp.br

Eduardo Hiroaki Kina Senda

Graduando em fisioterapia

Instituição: Centro Universitário São Camilo – CUSC, São Paulo, Brasil

Endereço: Rua Raul Pompéia, 114, Pompéia - SP, CEP: 05024-040

E-mail: eduardo.senda@aluno.saocamilo-sp.br

José Eduardo Zaia

Doutor e Mestre em Ciências Biológicas pela UNESP

Instituição: Docente do Curso de Matemática e Estatística da FATEC Mococa

Endereço: Avenida Américo Pereira Lima, Jardim Lavínia, Mococa - SP

E-Mail: jose.zaia@fatec.sp.gov.br

Paulo Roberto Veiga Quemelo

Doutor e Mestre em Ciências Médicas - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP

Instituição: Centro Universitário São Camilo – CUSC, São Paulo, Brasil.

Endereço: Rua Raul Pompéia, 114, Pompéia – São Paulo - SP

E-mail: paulo.quemelo@prof.saocamilo-sp.br

RESUMO

A dor femoropatelar (DFP) é uma lesão frequente na população e diferentes exercícios podem ser realizados para tratar essa condição. O objetivo do estudo foi comparar exercícios de fortalecimento em cadeia cinética aberta e fechada em pacientes com DFP. Os participantes com DFP (n=14) foram distribuídos em três grupos: no Grupo Controle - CTR (n=4), os participantes não realizaram nenhum tipo de intervenção; no Grupo Cadeia Aberta - CA (n=5) os participantes realizaram exercícios em cadeia cinética aberta e no Grupo Cadeia Aberta e Fechada - CAF (n=5) os participantes realizaram exercícios combinados de cadeia aberta e cadeia fechada. Foram aplicadas a escala visual análoga de dor (EVA) e os questionários - *Lower Extremity Functional Scale* (LEFS) e *Anterior Knee Pain Scale* (AKPS). A força muscular foi mensurada com dinamômetro. O Grupo CAF apresentou maior redução da dor, com variação de 5,6 para 0,8 pontos na escala EVA ($p=0,001$). Ambos os grupos apresentaram melhora da funcionalidade ($p=0,001$). Nos testes de força, foi observado melhora dos abdutores do quadril para os dois grupos (CA e CAF, $p=0,001$). Em conclusão, independente do tipo ou combinação de exercício realizado, ambos os grupos apresentaram melhora da dor, função e força muscular.

Palavras-chave: Joelho, Síndrome da Dor Patelofemoral, Terapia por Exercício, Fisioterapia

ABSTRACT

Patellofemoral pain (PFP) is a common injury in the population and different exercises can be used. The aim of this study was to compare open and closed kinetic chain strengthening exercises in patients with PFP. Participants with PFD (n=14) were distributed into three groups: In the Control Group - CTR (n=4), participants did not undergo any type of exercise; in the Open Chain Group - CA (n=5) participants performed open kinetic chain exercises and in the Open and Closed Chain Group - CAF (n=5) participants performed combined open chain and closed chain exercises. The visual

analogue pain scale (VAS) and the questionnaires - Lower Extremity Functional Scale (LEFS) and Anterior Knee Pain Scale (AKPS) were applied. Muscle strength was measured with a dynamometer. The CAF Group showed a greater reduction in pain, with a variation from 5.6 to 0.8 points on the VAS scale ($p=0.001$). Both groups showed improved functionality ($p=0.001$). In strength tests, an improvement in hip abductors was observed for both groups (CA and CAF, $p=0.001$). In conclusion, regardless of the type or combination of exercise performed, both groups subjected to exercise protocols showed improvements for pain, function and muscle strength.

Keywords: Knee; Patellofemoral Pain Syndrome; Exercise Therapy; Physical Therapy

RESUMEN

El dolor femoropatelar (EDF) es una lesión frecuente en la población, y se pueden realizar diferentes ejercicios. El objetivo del estudio fue comparar ejercicios de fortalecimiento en cadena cinética abierta y cerrada en pacientes con EDF. Los participantes con EDF ($n=14$) se distribuyeron en tres grupos: en el Grupo Control (CTR, $n=4$), los participantes no recibieron ninguna intervención; en el Grupo de Cadena Abierta (CA, $n=5$), los participantes realizaron ejercicios en cadena cinética abierta; y en el Grupo de Cadena Abierta y Cerrada (CAF, $n=5$), los participantes realizaron ejercicios combinados de cadena abierta y cerrada. Se aplicaron la Escala Visual Análoga de Dolor (EVA) y los cuestionarios Lower Extremity Functional Scale (LEFS) y Anterior Knee Pain Scale (AKPS). La fuerza muscular se midió con un dinamómetro. El Grupo CAF mostró una mayor reducción del dolor, con una variación de 5,6 a 0,8 puntos en la escala EVA ($p=0,001$). Ambos los grupos presentaron mejoría en la funcionalidad ($p=0,001$). En las pruebas de fuerza, se observó una mejora en los abductores de cadera para ambos los grupos (CA y CAF, $p=0,001$). En conclusión, independientemente del tipo o combinación de ejercicios realizados, ambos grupos los experimentaron mejoras en el dolor, la función y la fuerza muscular.

Palabras Clave: Rodilla, Síndrome de Dolor Patelofemoral, Terapia de Ejercicio, Fisioterapia

1. INTRODUÇÃO

A Síndrome da Dor Femoropatelar (DFP) é uma patologia frequentemente associada à sobrecarga articular que pode, em muitos casos, restringir a atividade física e as atividades cotidianas do dia a dia. Esta condição é caracterizada por sua natureza multifatorial e pela presença de um sistema nervoso central sensibilizado em resposta à dor (Bizzini *et al.*, 2003; Willy *et al.*, 2019). A etiologia é considerada de origem mecânica, atribuída a uma cinemática patelar irregular devido à pressão excessiva na articulação, combinada com um controle neuromuscular proximal deficiente e fraqueza muscular dos abdutores de quadril. A condição pode se manifestar com inflamação associada a danos nos tecidos ósseos, cartilagosos ou conjuntivos da articulação femoropatelar (Alammari *et al.*, 2023).

Embora haja algumas divergências em relação ao protocolo de exercícios para o tratamento de pacientes com DFP, o fortalecimento dos músculos posterolaterais do quadril e do quadríceps tem sido considerado o padrão de tratamento para esta condição (Willy *et al.*, 2019). No entanto, existe uma heterogeneidade entre os protocolos e as modalidades abordadas em relação à dosagem dos exercícios, frequência semanal, duração das sessões e intensidade, além da necessidade de avaliar se há realmente a preferência na combinação de exercícios em cadeia cinética fechada direcionados ao quadril e joelho, aos exercícios direcionados ao joelho em cadeia cinética aberta (Willy *et al.*, 2019; Bizzini *et al.*, 2003; Alammari *et al.*, 2023).

Estudos indicam que exercícios em cadeia cinética fechada, que envolvem descarga de peso, e exercícios em cadeia cinética aberta, que não envolvem descarga de peso, apresentam diferenças em relação à sobrecarga femoropatelar. Cada tipo de exercício possui vantagens e desvantagens específicas que podem influenciar no resultado do tratamento dos pacientes. Pesquisas relevantes no campo do fortalecimento e hipertrofia dos membros inferiores revela que a implementação de exercícios de cadeia cinética fechada, além de possuírem um caráter funcional, podem promover ganhos equivalentes em força e hipertrofia muscular em comparação aos exercícios de cadeia

aberta. No entanto, os exercícios de cadeia cinética fechada apresentam as vantagens adicionais de requererem menos tempo de treinamento e imporem menor sobrecarga nas estruturas miotendíneas (Escamilla *et al.*, 1998; Thomeé *et al.*, 1999; Powers *et al.*, 2014; Willy *et al.*, 2019; Alammari *et al.*, 2023). Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos de diferentes tipos de exercícios em cadeia cinética aberta e fechada em pacientes com dor femoropatelar, considerando como desfechos o quadro clínico de dor, funcionalidade e força muscular.

2. METODOLOGIA

2.1 Desenho do estudo

Trata-se de um ensaio clínico randomizado controlado. No qual, foi elaborado um protocolo de tratamento com exercícios resistidos em cadeia cinética aberta e fechada, com exatamente o mesmo volume de treino para cada grupo muscular nos grupos experimentais, padronizando o número de repetições, séries, intervalo entre séries e principalmente, intensidade/carga.

2.2 Participantes e randomização

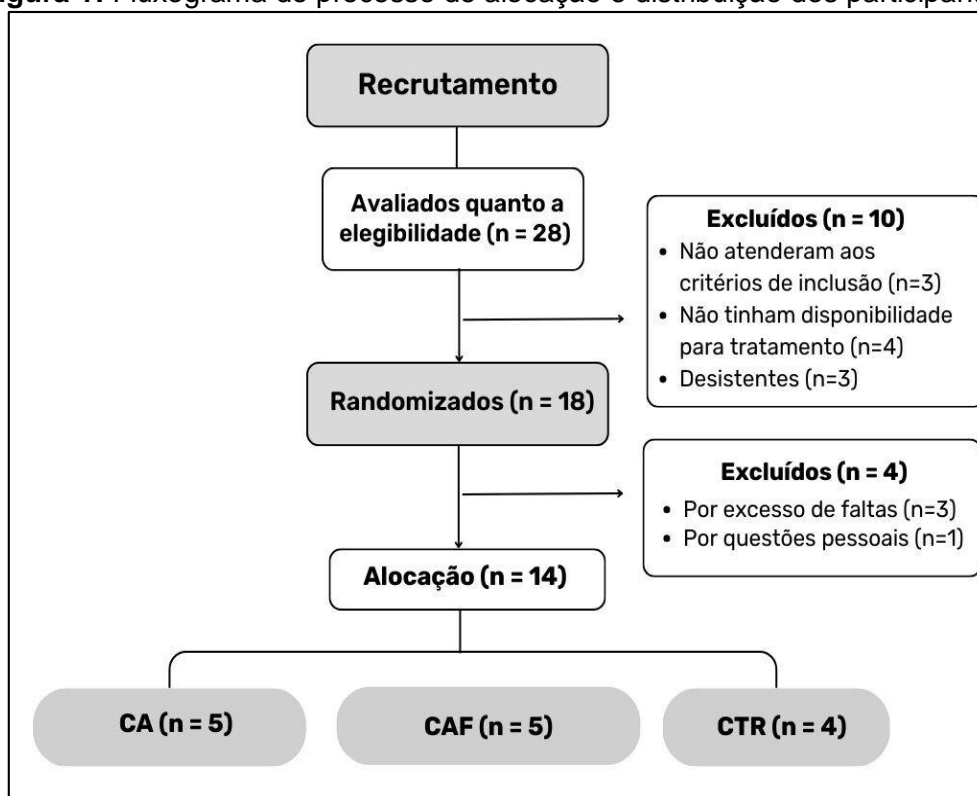
Foram recrutados ao todo 28 participantes, no qual 14 participaram efetivamente do protocolo de intervenção (Figura 1). Os participantes com o diagnóstico de DFP foram aleatoriamente distribuídos em 3 grupos. O Grupo Controle - GC (n=4), no qual os participantes não realizaram nenhum tipo de intervenção; Grupo Cadeia Aberta - CA (n=5) em que os participantes realizaram exercícios uniarticulares e Grupo Cadeia Aberta e Fechada CAF (n=5) em que os participantes realizaram exercícios combinados em cadeia aberta e fechada.

Como critério de inclusão para o estudo, foram adotados as seguintes variáveis: pacientes de ambos os sexos, entre 18 a 50 anos de idade, com diagnóstico de dor femoropatelar ou condromalácia pelos seus médicos ortopedistas ou especialistas em esporte. Apresentar histórico de dor anterior no joelho por pelo menos 3 meses durante as seguintes atividades: permanecer sentado por tempo prolongado, subir ou descer escadas, agachar, correr ou saltar (da Cunha *et al.*, 2013), tão bem quanto o mínimo de 3 pontos na Escala Visual Análoga (EVA) – (Kujala *et al.*, 1993).

Os critérios de exclusão foram participantes que apresentaram histórico de cirurgia nos membros inferiores, instabilidade crônica de joelho, desordens associadas com lesões meniscais ou ligamentares, além de condições cardíacas ou no aparelho locomotor que poderiam afetar a realização do programa de tratamento. Também foi considerado como critério de exclusão pacientes que apresentaram dor aguda incapacitante para a realização do protocolo de exercícios e dor referida na coluna lombar com irradiação para os membros inferiores e qualquer tratamento em paralelo que poderia interferir nos resultados. Além de participantes que tiveram mais de três faltas, foram excluídos do tratamento (figura 1).

Dois fisioterapeutas foram responsáveis pelas avaliações pré-tratamento (linha-de-base) e 8 semanas após o início do tratamento. Os participantes foram informados sobre as diferentes formas de tratamentos, mas não tiveram conhecimento dos exercícios realizados pelos outros grupos. A alocação dos participantes para os 3 grupos foi realizada de forma aleatória usando envelopes opacos e selados, cada um contendo o nome dos grupos. Cada envelope foi sorteado pelos respectivos participantes nos dias das avaliações.

Figura 1: Fluxograma do processo de alocação e distribuição dos participantes.



Fonte: elaborada pelos autores.

*CA: Cadeia Aberta; CAF: Cadeia Aberta e Fechada; CTR: Controle

2.3 Coleta de dados e instrumentos de avaliação

Os potenciais participantes do estudo com DFP foram encaminhados ao setor pelos seus respectivos médicos ortopedistas ou especialistas em esporte, que fizeram exames clínicos e de imagem. Todos foram recepcionados pelo avaliador responsável que determinou se estes poderiam ou não fazer parte do estudo, de acordo com os critérios de elegibilidade descritos anteriormente. O estudo foi devidamente aprovado pelo Comitê de Ética e os participantes assinaram o termo de consentimento.

As avaliações da função e da intensidade da dor foram realizadas usando a AKPS e EVA, respectivamente (Kujala *et al.*, 1993; Binkley *et al.*, 1999). A AKPS é um questionário específico para dor anterior de joelho, composto por 13 itens separados em categorias que envolvem diferentes níveis de função do joelho. Cada item foi respondido e o resultado total foi adicionado ao índice global com score máximo de 100 pontos, que representa “sem deficit”, e um score mínimo de zero que representa “o maior deficit possível (Binkley *et al.*, 1999; Almeida *et al.*, 2017). A LEFS é uma escala funcional de membros inferiores com 20 itens que representa o nível de dificuldade de tarefas funcionais, variando de 0 (extrema dificuldade) a 4 pontos (sem dificuldade), contemplando um escore máximo de 80 pontos, sendo que valores mais altos representam melhor função (Binkley *et al.*, 1999; Almeida *et al.*, 2017). A EVA varia de 0 a 10 pontos, sendo que zero corresponde à “ausência de dor” e 10 representa a “pior dor imaginável”. Os pacientes foram questionados a fim de classificar a intensidade da dor baseado nos últimos 7 dias.

A avaliação da força muscular foi realizada através da dinamometria, sendo a força isométrica máxima muscular de abdução e extensão do quadril, bem como de extensão de joelho mensurada pelo handheld manual dynamometer (Lafayette Instrument Company, Lafayette, IN) de acordo com estudos prévios (Willy; Davis, 2011, Almeida *et al.*, 2017). A força dos músculos abdutores e extensores do quadril foi coletada com o indivíduo em decúbito lateral, com quadril em posição de 45° de flexão e joelho a 90° de flexão e o dinamômetro posicionado 5cm proximal a região lateral da

linha articular do joelho (Willy; Davis, 2011; Almeida *et al.*, 2017). A força de extensão do joelho foi medida com indivíduos na posição sentada e membros superiores cruzados sobre o tronco, com a articulação do joelho em posição de 60° de flexão e o dinamômetro posicionado da região ventral e distal da tíbia. Para as três mensurações, o dinamômetro foi estabilizado contra os participantes com uma cinta, para minimizar potencial efeito da força do examinador. Os participantes realizaram uma repetição submáxima para teste e em seguida 3 repetições máximas de cada grupo muscular avaliado, com intervalo de 30 segundos entre cada repetição. Para análise, foram utilizados o valor máximo entre as 3 repetições.

Todos os instrumentos de avaliação foram aplicados na avaliação inicial (pré-intervenção) e após a finalização do protocolo de exercícios (pós-intervenção).

2.4 Protocolo de intervenção

Os pacientes que passaram pela intervenção, realizaram duas sessões de tratamento por semana, durante um período de oito semanas, totalizando 16 sessões, com pelo menos um dia de intervalo entre elas. As sessões em todos os grupos tiveram duração média de 30 a 40 minutos sendo 10 minutos destinados ao aquecimento em esteira, previamente à intervenção. A carga durante o treinamento foi padronizada como a máxima carga que a pessoa pode suportar para completar 10 repetições, utilizando a percepção “acima de oito” na escala CR-10 de Borg (Borg, 1998; Borg, 1982). Esta escala é amplamente utilizada para a percepção subjetiva de esforço, tensão ou fadiga que são experimentadas durante exercícios de força. A carga foi avaliada durante a primeira sessão e revista semanalmente para ajustes necessários, tanto para os exercícios que utilizam equipamentos (*leg press* ou cadeira extensora) como os que utilizam resistência elástica.

Os participantes do grupo CA foram submetidos a um programa de exercícios de fortalecimento em cadeia aberta, contendo um exercício para músculos posterolaterais do quadril com resistência elástica (ostra, 6 séries de 10 repetições) e um exercício para extensores do joelho (cadeira extensora, 6 séries de 10 repetições), totalizando um volume total de treino de 60 repetições para cada grupo muscular. Enquanto que os participantes do grupo CAF realizaram um exercício de fortalecimento em cadeia

fechada, sendo *leg press* (3 séries de 10 repetições) e dois exercícios em cadeia aberta, sendo um com foco em músculos posterolaterais do quadril (ostra, 3 séries de 10 repetições) e o outro voltado aos extensores do joelho (cadeira extensora, 3 séries de 10 repetições), totalizando também 60 repetições por grupo muscular. Em todas as situações e formas de exercícios, foi aplicado um minuto de intervalo entre as séries. O exercício com o *leg press* inicialmente foi realizado em angulação de proteção caso necessário, i.e. entre 0 e 45 graus de flexão de joelho, e com diminuição da dor a angulação total de 0 a 90 graus foi liberada. Para a cadeira extensora, a angulação preconizada no início foi de 90 a 45 graus de flexão do joelho, podendo evoluir para 90 a 0 de flexão do joelho de acordo com a evolução do quadro anterior. No caso do exercício em cadeia cinética fechada (*leg press*), a execução foi na forma bilateral. Para manter o mesmo conceito, os exercícios em cadeia aberta, i.e. ostra e cadeira extensora, também foram realizados bilateralmente, mesmo que o paciente tenha sintomas de forma unilateral. Durante o período do estudo os participantes foram orientados a não procurarem outro tipo de tratamento para a dor anterior no joelho e manter suas atividades diárias regulares. Todas as sessões foram supervisionadas, no sentido de orientar e garantir a execução correta do exercício.

2.5 Análise Estatística

Os dados foram analisados por meio do Software Jamovi, versão 2.3. Para os dados de perfil (idade, IMC, sexo e lado da lesão) foi utilizada estatística descritiva, em termos de média e proporção. Em seguida os dados foram submetidos à análise estatística para verificação da homogeneidade entre os grupos experimentais de acordo com Análise de Variâncias para variáveis quantitativas e Qui-quadrado para variáveis categóricas. A comparação entre e intra grupos (pré e pós) para as escala de dor (EVA), escalas funcionais (LEFS e AKPS) e teste de força, foi conduzida de acordo com a Análise de Variâncias para Medidas Repetidas (ANOVA). Para todas as análises, foi considerada a significância de 5% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

O estudo incluiu participantes adultos e saudáveis (10 mulheres e 4 homens), com média de idade entre 30 a 36 anos e índice de massa corporal médio entre 26 e 31 pontos. Sete participantes apresentam a DFP no joelho esquerdo (E) e sete no joelho direito (D), conforme mostra a descrição detalhada dos participantes na tabela 1.

Tabela 1. Perfil da amostra e análise da homogeneidade entre os grupos para idade, sexo, IMC e lado da lesão.

| Variável | GRUPOS (n) | | | | | | Valor de p* |
|---|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|
| | CA (5) | | CAF (5) | | CRT (4) | | |
| Idade (média ± desvio padrão) | 36,2 ± 9,5 | | 34,6 ± 14,1 | | 30,3 ± 10,6 | | 0,714 |
| IMC (média ± desvio padrão) | 31,1 ± 21,5 | | 29,8 ± 12,4 | | 26,2 ± 17,4 | | 0,573 |
| Variável | CA (5) | | CAF (5) | | CRT (4) | | Valor de p* |
| Sexo | F | M | F | M | F | M | |
| Feminino/Masculino (n) | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 | 0,533 |
| Lado da lesão | Dir | Esq | Dir | Esq | Dir | Esq | 0,819 |
| Direito/Esquerdo (n) | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | |

* De acordo com ANOVA um fator (significativo se $p < 0,05$)

* De acordo com teste Qui-quadrado (significativo se $p < 0,05$)

CA: Grupo Cadeia Aberta; CAF: Grupo Cadeia Aberta e Fechada; CTR: Grupo Controle

IMC: Índice de Massa Corporal.

Os resultados demonstraram significativa redução da dor dos pacientes de ambos os grupos (CA e CAF) em comparação do momento pré e pós intervenção, bem como em comparação ao grupo controle ($p = 0,001$), com melhor resultado para o grupo CAF. Em relação as escalas funcionais, para o AKPS também foi observado significativa melhora na pontuação em ambos os grupos (CA e CAF), na comparação pré e pós intervenção, bem como, em comparação ao grupo controle, com melhor resultado para CA ($p = 0,012$). Para a escala LEFS, foi observado que somente o grupo CA apresentou melhora significativa na comparação entre o pré e pós intervenção ($p = 0,011$), como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2. Sumário estatístico, média e (desvio padrão), para os valores de Escala Visual Analógica (EVA) para dor e para as escalas funcionais de cada Grupo, nos momentos Pré e Pós intervenção.

| Grupos | EVA Pré | EVA Pós | Valor de p* | AKPS Pré | AKPS Pós | Valor de p* | LEFS Pré | LEFS Pós | Valor de p* |
|------------------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Média (Desvio Padrão) | | | | | | | | | |
| CA | 7,00 (2,35) | 3,00 (2,24) | 0,005 | 54,6 (12,3) | 80,2 (7,73) | 0,012 | 42,8 (15,0) | 69,8 (4,44) | 0,011 |
| CAF | 5,60 (1,52) | 0,800 (1,10) | 0,001 | 63,4 (16,0) | 85,8 (4,49) | 0,029 | 57,8 (16,4) | 75,2 (3,56) | 0,126 |
| CTR | 6,25 (2,22) | 5,75 (1,89) | 0,993 | 73,3 (13,7) | 72,5 (13,8) | 1,000 | 60,0 (7,16) | 57,3 (11,5) | 0,998 |

* De acordo com ANOVA para medidas repetidas (significativo se $p < 0,05$)

CA: Grupo Cadeia Aberta; CAF: Grupo Cadeia Aberta e Fechada; CTR: Grupo Controle

AKPS: Anterior Knee Pain Scale

LEFS: Lower Extremity Functional Scale

Tabela 3. Sumário estatístico, média e (desvio padrão), para os valores de Avaliação Física de cada Grupo, nos momentos Pré e Pós intervenção.

| Variável | Grupos | | | | | | Valor de p* |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | CA | Pré CAF | CTR | CA | Pós CAF | CTR | |
| FQUAD | 28,2 (10,3) | 29,1 (14,0) | 38,5 (12,7) | 31,7 (11,2) | 39,4 (14,3) | 35,8 (18,3) | 0,930 |
| FABDUT | 20,5 (6,39) | 21,9 (8,03) | 25,6 (10,4) | 28,1 (7,03) | 26,8 (7,05) | 26,3 (9,33) | 0,001 |

* De acordo com ANOVA para medidas repetidas (significativo se $p < 0,05$)

CA: Grupo Cadeia Aberta; CAF: Grupo Cadeia Aberta e Fechada; CTR: Grupo Controle

FQUAD: Teste de força de extensores do joelho

FABD: Teste de força de abdutores de quadril

Os resultados da avaliação física (tabela 3), mostraram que o grupo CAF e CA apresentaram melhora significativa na força muscular dos abdutores de quadril quando comparado o momento pré e pós intervenção ($p = 0,001$), enquanto que para o grupo controle os valores de força praticamente não se alteraram após o período de dois meses. Em relação ao teste de força para os extensores de joelho, embora o resultado não foi significativo, os valores da força aumentaram após dois meses de tratamento para os dois grupos experimentais (CA e CAF), enquanto que para o grupo controle foi observado uma redução da força, quando comparado o período pré e pós intervenção.

4. DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que os pacientes com dor femoropatelar apresentaram redução no quadro clínico doloroso, independente da modalidade do exercício e grupos musculares exigidos. Uma possível explicação para este achado é que os exercícios realizados apresentam um fator condroprotetor devido à produção do líquido sinovial. Um recente estudo publicado demonstrou que o líquido sinovial libera uma glicoproteína de superfície ativa, chamada de lubricina que pode contribuir para a proteção da cartilagem. As lubricinas aumentam conforme o movimento articular, cobrindo a superfície da cartilagem, o que auxilia na lubrificação e facilita a movimentação articular (Roggio *et al.*, 2023). Outro fator importante, é que pacientes com a síndrome da dor femoropatelar apresentam funções somatosensoriais alteradas, o que significa um aumento da capacidade de resposta dos neurônios nociceptivos no sistema nervoso central. Contudo, o exercício físico pode estimular os mecanoreceptores da articulação pela pressão ocorrida durante o exercício, o que culmina em competição de sinais neurais e reduz a quantidade de sinais nociceptivos, conforme fundamenta a teoria da comporta medular. Então, em teoria, o exercício promove alterações neuroplásticas centrais que alteram o processamento da dor, enquanto ocorre adaptações musculoesqueléticas regionais, moderando a resposta inflamatória e imunológica a danos percebidos (Belavy *et al.*, 2021).

Alguns estudos evidenciam a divergência sobre os riscos e benefícios de cada tipo de cadeia cinética, argumentando que exercícios em cadeia cinética aberta não são tão funcionais quanto exercícios em cadeia cinética fechada, pois não se assemelham

às atividades realizadas no dia a dia com a sustentação do peso do corpo, além de aumentarem a força de cisalhamento na cartilagem articular. Enquanto que exercícios em cadeia cinética fechada são mais funcionais por abordarem mecanismos semelhantes às atividades cotidianas, de forma multiarticular, produzindo contudo, uma força de compressão. Em teoria, as forças de compressão e cisalhamento nas articulações devem ativar as fibras mecanorreceptoras A β , mais velozes que as fibras C, em um processo de inibição competitiva, gerando assim a modulação de estímulos dolorosos (Moayedi; Davis, 2013; Sigmund et al., 2021).

Independente da cadeia cinética, a biomecânica do exercício deve ser ajustada de acordo com a demanda muscular. O agachamento, por exemplo, tem como base o deslocamento das demandas musculares do quadríceps femoral para os músculos extensores do quadril. Esse princípio também pode ser aplicado para reduzir a tensão na articulação patelofemoral. Uma ativação maior dos isquiotibiais em relação ao quadríceps femoral limita o cisalhamento anterior sobre o joelho e a tensão anterior associada a pressão patelar. Logo, a coativação muscular mais equilibrada pode evitar o desconforto gerado pelo aumento de forças advindas da mecânica de exercícios de cadeia cinética aberta ou fechada. Uma função importante da patela, é reduzir a magnitude da força do quadríceps femoral necessária para realizar esforços submáximos comuns, como subir um degrau. Essa demanda reduzida diminui indiretamente a carga compressora através da cartilagem articular e dos meniscos no joelho. Portanto, nos indica, que diminuir a alavanca do quadríceps em um momento de dor aguda, pode contribuir para diminuir a força de cisalhamento, por isso restringir a amplitude em certos exercícios (Neumann, 2010). Dessa forma, os exercícios como leg press ou agachamento não devem ser considerados impeditores na reabilitação, por aumentar a pressão retropatelar, mas sim um coadjuvante no tratamento. Manter uma angulação de proteção por todo o tratamento não é o ideal, já que deve ser evoluído conforme a resposta do paciente e considerar que ele irá precisar da força e funcionalidade em uma amplitude de movimento total.

Ambos os grupos apresentaram aumento no desempenho funcional, isso nos mostra que exercícios em cadeia cinética aberta melhoram a função tanto quanto exercícios em cadeia cinética fechada. Diferentemente do achado de um estudo anterior,

que sugere que exercícios em cadeia cinética fechada seriam mais eficazes para a melhora da função (Witvrouw *et al.*, 2000). A melhora da função evidenciada no presente estudo pode estar associada ou ser uma consequência da redução do quadro doloroso, bem como, devido a melhora da força muscular nos grupos submetidos aos protocolos de exercícios. Esta constatação implica em uma hipótese de que devemos considerar a cinesiofobia ou o “medo de se movimentar” como uma limitação que implica na funcionalidade do paciente. Com base no estudo de Silva *et al.* (2020), que correlacionou a dor e incapacidade à cinesiofobia em pessoas com dor femoropatelar, sendo a cinesiofobia caracterizada por adoção de medidas protetoras e padrões de movimento que reduzem a carga sobre a articulação. Muito embora o presente estudo não aplicou o questionário de cinesiofobia, é possível criar a hipótese de que a redução da dor e melhora da força muscular dos participantes, possivelmente também reduziu o “medo de se movimentar” e melhorou a percepção em relação a funcionalidade evidenciada no presente estudo.

Os exercícios de fortalecimento do quadríceps demonstraram ser uma intervenção eficaz e comumente prescrita para melhorar a dor e a função em indivíduos com DFP. Entretanto, embora os resultados apontaram para um aumento da força em ambos os grupos submetidos aos protocolos de exercícios e uma redução da força no grupo controle, os achados não foram significativos. O achado de hipotrofia do quadríceps no membro envolvido de indivíduos com DFP contribui para a compreensão dos mecanismos por trás da fraqueza do quadríceps encontrada nesta população, confirmado por literaturas que a fraqueza do quadríceps pode ser um dos fatores de risco para desenvolver DFP (Neal *et al.*, 2019). A redução da produção de força do quadríceps pode ser devida à produção de força que limita a dor, à inibição da musculatura do quadríceps induzida pela dor ou a alterações fisiológicas da musculatura do quadríceps (Gilles *et al.*, 2013). Diante disso, os exercícios realizados nessa intervenção deveriam possuir um resultado significativo para o aumento da força do quadríceps associado a diminuição da dor, entretanto, houve uma melhora mais expressiva e significativa da força dos músculos abdutores do quadril. Isso nos confirma que exercícios voltados para esse grupo muscular podem melhorar a DFP, porém não significa que apenas a musculatura do quadril deva ser fortalecida. Podemos então concluir que exercícios em

cadeia aberta melhoram as condições clínicas dos participantes, tanto quanto exercícios em cadeia cinética fechada. Dessa forma, não temos a pretensão de eleger a preferência de um grupo muscular ou tipo de exercício a ser trabalhado para o tratamento da dor femoropatelar, mas sim enfatizar a importância de utilizar diferentes tipos e modalidade de exercícios para diferentes grupos musculares.

5. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que ambos os protocolos de exercícios, em cadeia aberta ou cadeia aberta e fechada, apresentaram melhora significativa da dor, melhora da funcionalidade e melhora da força muscular, independentemente dos exercícios realizados. O presente estudo deve ajudar a orientação dos profissionais da área da saúde para a tomada de decisão de qual tipo de exercício deve ser realizado em pacientes com dor femoropatelar, de forma a trazer qualidade de vida para essas pessoas. Entretanto, como principal limitação do estudo, deve-se considerar o baixo tamanho amostral. Assim, futuros estudos com tamanho amostral maior, podem ser realizados para trazer mais entendimento sobre exercícios em pacientes com dor femoropatelar.

6. REFERÊNCIAS

- ALAMMARI, Abdulaziz et al. Effect of hip abductors and lateral rotators' muscle strengthening on pain and functional outcome in adult patients with patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**, v. 36, n. 1, p. 35-60, 2023.
- ALMEIDA, Gabriel Peixoto Leão et al. Reliability and validity of the hip stability isometric test (HipSIT): a new method to assess hip posterolateral muscle strength. **journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 47, n. 12, p. 906-913, 2017.
- BELAVY, Daniel L. et al. Pain sensitivity is reduced by exercise training: Evidence from a systematic review and meta-analysis. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 120, p. 100-108, 2021.
- BINKLEY, Jill M. et al. The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): scale development, measurement properties, and clinical application. **Physical therapy**, v. 79, n. 4, p. 371-383, 1999.
- BIZZINI, Mario et al. Systematic review of the quality of randomized controlled trials for patellofemoral pain syndrome. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 33, n. 1, p. 4-20, 2003.
- BORG, Gunnar. **Borg's perceived exertion and pain scales**. Human kinetics, 1998.
- BORG, Gunnar A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.
- DA CUNHA, Ronaldo Alves et al. Translation, cross-cultural adaptation, and clinimetric testing of instruments used to assess patients with patellofemoral pain syndrome in the Brazilian population. **journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 43, n. 5, p. 332-339, 2013.
- DE OLIVEIRA SILVA, Danilo et al. Pain and disability in women with patellofemoral pain relate to kinesiophobia, but not to patellofemoral joint loading variables. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 30, n. 11, p. 2215-2221, 2020.
- ESCAMILLA, RAFAEL F. et al. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 30, n. 4, p. 556-569, 1998.
- GILES, Lachlan S. et al. Does quadriceps atrophy exist in individuals with patellofemoral pain? A systematic literature review with meta-analysis. **Journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 43, n. 11, p. 766-776, 2013.
- KUJALA, Urho M. et al. Scoring of patellofemoral disorders. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 9, n. 2, p. 159-163, 1993.
- MOAYEDI, Massieh; DAVIS, Karen D. Theories of pain: from specificity to gate control. **Journal of neurophysiology**, 2013.
- NEAL, Bradley S. et al. Risk factors for patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 5, p. 270-281, 2019.
- NEUMANN, Donald A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para reabilitação**. Elsevier Health Sciences, 2010.
- POWERS, Christopher M. et al. Patellofemoral joint stress during weight-bearing and non—weight-bearing quadriceps exercises. **journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 44, n. 5, p. 320-327, 2014.

ROGGIO, Federico et al. The role of lubricin, irisin and exercise in the prevention and treatment of osteoarthritis. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 6, p. 5126, 2023.

SIGMUND, Kemery J.; BEMENT, Marie K. Hoeger; EARL-BOEHM, Jennifer E. Exploring the pain in patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis examining signs of central sensitization. **Journal of Athletic Training**, v. 56, n. 8, p. 887-901, 2021.

THOMEÉ, Roland; AUGUSTSSON, Jesper; KARLSSON, Jon. Patellofemoral pain syndrome: a review of current issues. **Sports medicine**, v. 28, p. 245-262, 1999.

WILLY, Richard W.; DAVIS, Irene S. The effect of a hip-strengthening program on mechanics during running and during a single-leg squat. **Journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 41, n. 9, p. 625-632, 2011.

WILLY, Richard W. et al. Patellofemoral pain: clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability and health from the academy of orthopaedic physical therapy of the American physical therapy association. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 49, n. 9, p. CPG1-CPG95, 2019.

WITVROUW, Erik et al. Open versus closed kinetic chain exercises for patellofemoral pain. **The American journal of sports medicine**, v. 28, n. 5, p. 687-694, 2000.