



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**DIFERENÇAS BIOMECÂNICAS E FUNCIONAIS NAS ARTICULAÇÕES DE  
TORNOZELO E PÉ ENTRE INDIVÍDUOS COM E SEM DOR PATELOFEMORAL: UMA  
REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE**

**Luiza Pizarro Chaffe**

Rio Grande

2025

**Luiza Pizarro Chaffe**

**DIFERENÇAS BIOMECÂNICAS E FUNCIONAIS NAS ARTICULAÇÕES DE  
TORNOZELO E PÉ ENTRE INDIVÍDUOS COM E SEM DOR PATELOFEMORAL: UMA  
REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE**

Dissertação apresentada à Banca de Defesa do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ciências da Saúde.

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues

Rio Grande

2025

### Ficha Catalográfica

C433d Chaffe, Luiza Pizarro.

Diferenças biomecânicas e funcionais nas articulações de tornozelo e pé entre indivíduos com e sem dor patelofemoral : uma revisão sistemática com meta-análise / Luiza Pizarro Chaffe. – 2025.  
47 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Rio Grande/RS, 2025.

Orientador: Dr. Rodrigo Rodrigues.

1. Tornozelo e pé. 2. Dor patelofemural. 3. Articulações distais. 4. Cinemática. 5. Eletromiografia. I. Rodrigues, Rodrigo. II. Título.

CDU 616.728

Catálogo na Fonte: Bibliotecária Sabrina Vaz da Silva CRB 10/2243

**Luiza Pizarro Chaffe**

**DIFERENÇAS BIOMECÂNICAS E FUNCIONAIS NAS ARTICULAÇÕES DE  
TORNOZELO E PÉ ENTRE INDIVÍDUOS COM E SEM DOR PATELOFEMORAL: UMA  
REVISÃO SISTEMÁTICA COM META-ANÁLISE**

**Banca de Defesa**

---

Prof . Dr . Emmanuel Souza da Rocha – PUC-PR

---

Prof. Dr. Klauber Dalcerio Pompeo – IFSUL

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mirelle de Oliveira Saes – FURG

## AGRADECIMENTOS

Concluir esta dissertação foi, sem dúvida, um dos maiores desafios da minha vida. Foram meses intensos, marcados por jornadas de trabalho exaustivas, mudanças significativas na minha rotina e na minha vida pessoal, noites mal dormidas e incontáveis momentos em que eu pensei seriamente em desistir. Achei, sinceramente, que não conseguiria. Mas aqui estou.

Agradeço profundamente ao meu orientador, Prof. Rodrigo Rodrigues, por ser um verdadeiro pilar ao longo dessa caminhada. Sua paciência foi além do que eu poderia esperar. Em momentos em que até eu mesma deixei de acreditar, ele permaneceu — calmo, presente, paciente e confiante. Obrigada por não desistir de mim quando eu quase desisti de tudo. Seu apoio fez toda a diferença, e serei eternamente grata por isso.

À minha mãe, minha base mais sólida, meu exemplo de amor, coragem e resiliência. Obrigada por tudo. Por cada gesto de cuidado, por cada palavra de apoio, por simplesmente estar. Esta conquista também é sua. Se hoje cheguei até aqui, é porque você esteve em cada passo.

Ao meu namorado, Victor Krebs, meu companheiro. Esteve comigo em cada crise, em cada lágrima, em cada dúvida — me ouvindo, me acolhendo, e me lembrando de seguir. Seu amor foi meu abrigo. Obrigada por ser presença, força e carinho nos meus dias mais difíceis.

Aos professores do programa, pelos ensinamentos e contribuições ao longo do curso, e aos colegas que compartilharam essa jornada comigo — meu sincero agradecimento.

Aos amigos que, mesmo de longe, enviaram palavras de força, aos que dividiram comigo o peso e as pequenas alegrias, e a todos que, de alguma forma, tornaram esse caminho possível: obrigada.

Essa dissertação carrega muito mais do que resultados científicos. Ela carrega superação, afeto, cansaço, esperança e persistência. E, principalmente, carrega minha gratidão por cada pessoa que me ajudou a não desistir.

Muito, muito obrigada.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ADM: Amplitude de Movimento

DPF: Dor Patelofemoral

EIAS: Espinha Ilíaca Anterior Superior

EMG: Eletromiografia

GC: Grupo Controle

GMed: Glúteo Médio

TFL: Tensor da Fáscia Lata

VDJ: Valgo Dinâmico do Joelho

“Ando devagar porque já tive pressa  
Levo esse sorriso porque já chorei demais  
Hoje me sinto mais forte, mais feliz, quem sabe  
Só levo a certeza de que muito pouco sei”

*“Tocando em Frente”  
Almir Sater e Renato Teixeira*

## RESUMO

A dor patelofemoral (DPF) é caracterizada por dor na região anterior do joelho, exacerbada por atividades que aumentam a força de compressão na articulação patelofemoral. Trata-se de uma condição de origem multifatorial, na qual fatores proximais, locais e distais podem contribuir para sua manifestação. Apesar de a literatura enfatizar alterações em segmentos proximais, poucos estudos abordaram de forma sistemática as possíveis diferenças em parâmetros biomecânicos e neuromusculares de articulações distais, como pé e tornozelo. Considerando que intervenções focadas em regiões distais demonstraram benefícios semelhantes às intervenções proximais, compreender essas diferenças pode oferecer subsídios importantes para estratégias terapêuticas mais eficazes. O objetivo desta dissertação foi comparar parâmetros mecânicos, neuromusculares e funcionais das articulações do tornozelo e pé entre indivíduos com e sem DPF, por meio de uma revisão sistemática com meta-análise. Foram incluídos estudos observacionais que avaliaram variáveis como força, amplitude de movimento, cinemática, eletromiografia e morfologia muscular de segmentos distais. A busca foi realizada nas bases PubMed, Scielo, ScienceDirect e SPORTDiscus, sem restrição de data. A qualidade metodológica foi avaliada pela escala modificada de Downs and Black, e as análises de meta-análise seguiram o modelo de efeitos aleatórios com cálculo da diferença média padronizada (SMD) por meio do g de Hedges. A pesquisa inicial identificou 1724 estudos nas bases de dados. Após a remoção de 432 duplicatas e a triagem de títulos e resumos, 64 artigos foram selecionados para leitura na íntegra. Destes, 33 estudos atenderam aos critérios de elegibilidade e foram incluídos na revisão sistemática. Três estudos foram excluídos da meta-análise por não apresentarem desfechos comparáveis com outros estudos, resultando na inclusão de 30 estudos na meta-análise. Os resultados da meta-análise mostraram que indivíduos com DPF apresentam maior grau de eversão do retropé e em comparação a controles (SMD = -0.37;  $p=0.05$ ;  $I^2=87\%$ ), especialmente em mulheres, embora esse achado não tenha se mantido quando analisado apenas em estudos de marcha. Ainda, indivíduos com DPF apresentam maior queda do navicular comparado ao grupo controle (SMD = -0.54;  $p=0.02$ ;  $I^2=25\%$ ). Não foram encontradas diferenças significativas na dorsiflexão do tornozelo, na distribuição da pressão plantar e no índice de postura do pé. A heterogeneidade foi alta em diversas análises, o que indica a necessidade de cautela na interpretação dos resultados. Conclui-se que pessoas com DPF apresentam alterações em parâmetros distais, com maior grau de eversão do retropé e maior queda do navicular. Esses achados reforçam o caráter multifatorial da DPF e podem contribuir para o aprimoramento das abordagens clínicas baseadas em perfis individuais.

**Palavras-chave:** dor patelofemoral; articulações distais; cinemática; EMG

## ABSTRACT

Patellofemoral Pain (PFP) is characterized by pain in the anterior region of the knee, exacerbated by activities that increase the compressive force on the patellofemoral joint. It is a multifactorial condition in which proximal, local, and distal factors may contribute to its manifestation. Although the literature emphasizes changes in proximal segments, few studies have systematically addressed the possible differences in biomechanical and neuromuscular parameters of distal joints, such as the foot and ankle. Considering that interventions focused on distal regions have demonstrated benefits similar those of proximal interventions, understanding these differences can provide important insights for more effective therapeutic strategies. The objective of this dissertation was to compare the mechanical, neuromuscular, and functional parameters of the ankle and foot joints between individuals with and without PFP through a systematic review and meta-analysis. Observational studies were included that evaluated variables such as strength, range of motion, kinematics, electromyography, and muscle morphology of distal segments. The search was conducted in the PubMed, Scielo, ScienceDirect, and SPORTDiscus databases without date restrictions. The methodological quality was assessed using the modified Downs and Black scale, and the meta-analysis followed a random effects model with the calculation of the standardized mean difference (SMD) using Hedges'  $g$ . The initial search identified 1724 studies in the databases. After removing 432 duplicates and screening titles and abstracts, 64 articles were selected for full-text review. Of these, 33 studies met the eligibility criteria and were included in the systematic review. Three studies were excluded from the meta-analysis because they did not present comparable outcomes to other studies, resulting in the inclusion of 30 studies in the meta-analysis. The meta-analysis results showed that individuals with PFP exhibit a greater degree of rearfoot eversion compared to controls (SMD = -0.37;  $p = 0.05$ ;  $I^2 = 87\%$ ), especially in women, although this finding was not maintained when analyzed only in walking studies. Additionally, individuals with PFP showed greater navicular drop compared to the control group (SMD = -0.54;  $p = 0.02$ ;  $I^2 = 25\%$ ). No significant differences were found in ankle dorsiflexion, plantar pressure distribution and foot posture index. Heterogeneity was high in several analyses, indicating the need for caution in interpreting the results. It is concluded that individuals with PFP exhibit changes in distal parameters, with a greater degree of rearfoot eversion and a greater navicular drop. These findings reinforce the multifactorial nature of PFP and may contribute to the improvement of clinical approaches based on individual profiles.

**Keywords:** patellofemoral pain; distal joints; ankle; foot; electromyography; kinematics.

## APRESENTAÇÃO

Desde a graduação, sempre tive um olhar curioso sobre como o corpo humano se organiza durante o movimento e como pequenas alterações, especialmente nos membros inferiores, podem desencadear dores ou disfunções. Com isso em mente, entrei no mestrado com o desejo de aprofundar meus conhecimentos em biomecânica clínica e contribuir para o entendimento de condições que impactam a vida de tantas pessoas ativas, como a dor patelofemoral (DPF).

Durante a formação, percebi que a maioria dos estudos sobre DPF foca em fatores proximais, como o quadril e o joelho, enquanto o papel do pé e do tornozelo ainda é pouco explorado. Foi aí que surgiu a ideia de investigar, de forma sistemática, como variáveis distais — como força, mobilidade e ativação muscular desses segmentos se comportam em pessoas com DPF. A dissertação está organizada em dois capítulos principais. O capítulo 1 apresenta uma revisão da literatura sobre a DPF com foco nos segmentos distais. O capítulo 2 traz o artigo da dissertação, com os métodos, resultados e discussões da revisão sistemática com meta-análise.

Conduzir essa pesquisa foi um grande aprendizado. Além de fortalecer meu olhar científico, ela reforçou a importância de investigar o corpo como um sistema integrado, onde até pequenos desequilíbrios distais podem impactar estruturas mais proximais. Espero que os resultados contribuam para ampliar a compreensão da DPF e ajudem profissionais a construir estratégias terapêuticas mais personalizadas.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Biomecânica articular, epidemiologia e fatores associados à dor patelofemoral.....	12
2.2 Alterações biomecânicas e funcionais na dor patelofemoral.....	14
2.3 Alterações distais na dor patelofemoral.....	16
3. JUSTIFICATIVA.....	18
4. OBJETIVOS.....	18
4.1 Objetivo Geral.....	18
4.2 Objetivos Específicos.....	19
5. CAPÍTULO 2 – ARTIGO ORIGINAL.....	20
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO E DO MESTRADO.....	39
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

## 1. INTRODUÇÃO

A dor patelofemoral (DPF) é caracterizada como uma condição dolorosa na parte frontal do joelho, que se intensifica durante movimentos e aumentam as forças de compressão na articulação entre o fêmur e a patela (Luza et al., 2020). Afeta principalmente mulheres jovens que são fisicamente ativas, com uma incidência de aproximadamente 15-20%, e uma prevalência de 22 em cada 100 pessoas por ano (Powers et al., 2012). As taxas de desenvolvimento da DPF são duas vezes mais altas em mulheres em comparação com homens. A prevalência anual de DPF é de 29,2% para mulheres, enquanto para homens é de 15,5% (Waiteman et al., 2020). Sua origem é multifatorial, com fatores externos e internos ao corpo desempenhando um papel significativo. Entre os fatores externos, incluem-se treinamento em superfícies irregulares, carga excessiva e uso inadequado de calçados (Bonacci et al., 2018).

Por outro lado, os fatores internos são subdivididos em fatores locais, proximais e distais ao joelho. Os fatores locais estão relacionados à articulação entre o fêmur e a patela, bem como às estruturas estáticas e dinâmicas que estabilizam o joelho. Devido a irregularidades articulares, como a displasia troclear e mudanças na superfície articular da patela, o alinhamento anormal da patela na tróclea femoral é comprometido, aumentando o estresse na região (Petersen et al., 2014, Piva et al., 2009). O quadríceps desempenha um papel crucial na estabilização da articulação femoropatelar, e alterações nesse músculo podem também causar dor. Observa-se fraqueza e atrofia generalizada nesse músculo, e a instabilidade resultante pode levar a um posicionamento inadequado e deslizamento da patela no sulco troclear. No que diz respeito aos fatores proximais, incluindo quadril, tronco e/ou pelve, a fraqueza nos músculos rotadores laterais e abdutores do quadril, combinada a uma alteração no controle neuromuscular durante atividades excêntricas, pode resultar em inclinação da pelve contralateral, rotação interna e adução do quadril, contribuindo para um desalinhamento patelar e, conseqüentemente, dor (Vasconcelos et al., 2022, Lee Jk et al., 2022).

Alterações em articulações distais também têm sido observadas em pessoas com DPF, em que elas apresentam ângulo máximo de eversão mais cedo na fase de apoio da marcha (Luza et al. 2020), pico de versão do retropé tardio (Levinger e Gilleard, 2007), redução na ADM de dorsiflexão (Lima et al. 2018), resultando em maior pronação do retropé e rotação externa da tibia, levando à eversão do tornozelo e pé (Dill et al., 2014). Além disso, uma menor flexibilidade do gastrocnêmio (Barton et al., 2020), menor espessura do fibular longo (Rodrigues et al., 2021), maior queda do navicular (Neal et al., 2016), menor pico de pressão no antepé medial durante a propulsão, maior excursão do pé durante esta fase, tanto medial quanto lateralmente (Aliberti et al., 2011). No entanto, os autores ressaltam a escassez de revisões sistemáticas com meta-análise que investigaram parâmetros distais nestes indivíduos. Diante disto, identificar as diferenças distais entre pessoas com e sem dor patelofemoral pode auxiliar na melhor compreensão do problema e um melhor direcionamento para

programas de intervenção, uma vez que benefícios semelhantes em dor e 13 funcionalidade foram observados quando comparadas intervenções proximais e distais (Pompeo et al., 2022).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Biomecânica articular, epidemiologia e fatores associados à dor patelofemoral**

A patela é um osso sesamoide que fica localizado no tendão do quadríceps, aumentando a potência de alavanca do joelho em até 50% (Hungerford e Barry, 1979). A superfície posterior da patela é coberta por cartilagem articular, juntando a tróclea, que é a cartilagem da porção anterior e distal do fêmur. A cartilagem da patela é a mais espessa do corpo humano, medindo cerca de 4 a 6 centímetros em adultos jovens, revestindo aproximadamente 75% da superfície posterior da patela e suporta as forças de compressão e tensão da região (Gulati et al., 2018). A estabilidade dessa articulação é crucial para sua biomecânica. Os estabilizadores estáticos incluem a forma óssea da patela e da tróclea, os retináculos medial e lateral, a cápsula articular do joelho e seus ligamentos espessados, como os ligamentos patelofemoral medial e lateral, patelotibial medial e lateral e patelomeniscal medial (Panagiotopoulos et al., 2006). Os estabilizadores dinâmicos são constituídos pelas estruturas musculares adjacentes, principalmente os músculos vasto medial, vasto medial oblíquo, vasto lateral, vasto intermédio, reto femoral, flexores mediais e bíceps femoral (Conlan et al., 2012).

Ao analisar a biomecânica da articulação patelofemoral, quando o joelho está completamente estendido, a patela assume uma posição supra patelar e mais lateral, sem contato com a tróclea femoral. À medida que o joelho é flexionado, a patela realiza um movimento craniocaudal de lateral para medial, iniciando o contato com a tróclea entre 10 a 20 graus de flexão e ficando totalmente engajada aos 30 a 45 graus. A partir de 45 graus de flexão, a superfície articular proximal da rótula inicia um contato progressivo com a tróclea, aumentando a pressão de contato na articulação, podendo atingir até 8 vezes o peso corporal (Thomee et al., 1999). Nos primeiros 30 graus de flexão, portanto, há menor contato ósseo entre a patela e a tróclea, exigindo maior participação dos estabilizadores dinâmicos musculares e estáticos ligamentares (Gulati et al., 2018). No entanto, ao ultrapassar 60 graus de flexão do joelho, a estabilidade é conferida principalmente pelas estruturas ósseas, com menor contribuição de músculos e ligamentos (Gulati et al., 2018).

A DPF figura entre as principais causas de dor nos joelhos em indivíduos com menos de 60 anos (Gaitonde et al., 2019). Aproximadamente 25 a 40% das instâncias de dor no joelho estão associadas à DPF em atividades esportivas (Witvrouw et al., 2014), sendo uma das causas predominantes de desconforto entre corredores (Esculier et al., 2020). Esta condição afeta mais frequentemente as mulheres, com uma prevalência estimada de 13% em mulheres de 18 a 35 anos (Roush et al., 2012), representando o dobro da incidência em comparação com homens (Boling et al.,

2010). Em um consenso publicado em 2016, a DPF foi caracterizada como um quadro de dor insidiosa, geralmente crônica, localizada na região anterior do joelho, peripatelar ou retropatelar, podendo agravar-se com atividades de descarga de peso (Crossley et al., 2016). Em uma revisão retrospectiva de 4 estudos sobre a presença de sintomas em 459 indivíduos com DPF, foi identificado que a maior parte dos indivíduos apresentou dificuldade em agachar (93,7%), subir escadas (91,2%) e correr (90,8%) (Collins et al., 2016). Outros sintomas podem incluir estalidos ou crepitações no joelho, inchaços ocasionais e sensação de travamento (Crossley et al., 2016).

Os principais achados no exame físico incluem dor à palpação peripatelar ou em testes compressivos femoropatellares, agravamento da dor ao realizar a manobra de agachamento e sinais de mal alinhamento patelofemoral, como aumento da inclinação lateral da patela ou teste de apreensão lateral positivo (Nunes GS et al., 2013). Embora os exames de imagem não sejam essenciais para o diagnóstico da DPF, radiografias do joelho em posição anteroposterior com carga mono ou bipodal, perfil e axiais de patela entre 30 e 45 graus de flexão podem ser úteis para avaliar parâmetros indicativos de mal alinhamento ósseo da rótula, como altura, inclinação lateral ou subluxação lateral (Gulati et al., 2018). A ressonância magnética, sendo o exame padrão-ouro, é útil na DPF para avaliar o comprometimento condral, orientar o tratamento e informar sobre o prognóstico da doença (Gulati et al., 2018).

A etiologia da DPF ainda não está completamente esclarecida, sendo considerada multifatorial (Crossley et al., 2016). Diversos fatores anatômicos e biomecânicos podem contribuir para o aumento da pressão de contato entre as superfícies articulares da patela e da tróclea femoral, resultando em dor e alterações condrais inflamatórias secundárias, levando à degeneração precoce da articulação (Utting et al., 2005). O ângulo Q do joelho, também conhecido como ângulo de ação de força ou alinhamento do mecanismo extensor do joelho (Lankhorst et al., 2013), desempenha um papel importante. Ele é formado por uma linha que vai da Espinha Ilíaca Anterior Superior (EIAS) ao centro da patela e outra do centro da patela ao centro da tuberosidade anterior da tíbia. Este ângulo cria um vetor de força lateral resultante que age sobre a patela (Petersen et al., 2017). Anatomicamente, a patela está sujeita a esse vetor de força durante os movimentos do joelho, lateralizando a patela à medida que o mecanismo extensor é acionado. Se, por algum motivo, o vetor de força lateral sobre a patela vencer os elementos estabilizadores, pode ocorrer um desalinhamento da mesma, como inclinação, subluxação ou luxação (Rauh et al., 2007). O desalinhamento da patela pode alterar as pressões de contato entre as cartilagens da patela e da tróclea durante os movimentos do joelho, desencadeando respostas inflamatórias e provocando a dor patelofemoral (Lankhorst et al., 2013). Além disso, o desalinhamento pode aumentar a tensão sobre os retináculos patelares medial e lateral, estimulando a expressão de nociceptores e contribuindo para a dor patelofemoral (Rathleff et al., 2013).

Três grandes grupos de fatores predisponentes podem contribuir para esse desequilíbrio entre as forças que atuam sobre a patela e os elementos estabilizadores: anomalias ósseas, desalinhamento dos membros inferiores e desequilíbrios musculotendinosos (Thomee et al., 1999). Diferentes graus de displasia óssea da patela ou da tróclea comprometem a congruência e estabilidade articular, contribuindo para o aumento da pressão de contato e desalinhamento (Goodfellow et al., 1976).

## **2.2 Alterações biomecânicas e funcionais na dor patelofemoral**

Outro fator importante envolve os desalinhamentos estáticos ou dinâmicos dos membros inferiores, como aumento da anteversão femoral, rotação interna excessiva do fêmur, rotação externa excessiva da tíbia, angulação em valgo do joelho e eversão do tornozelo, alteram o alinhamento e a biomecânica da articulação patelofemoral, sendo considerados fatores de risco para a DPF (Collado e Fredericson, 2010). Além disso, diversos estudos indicam que desequilíbrios musculares, como fraqueza nos músculos abdutores e extensores do quadril, especialmente no vasto medial oblíquo, aumentam parecem se associar à DPF (Lankhorst et al., 2012; Petersen et al., 2014). Além dos fatores mencionados, padrões anormais de movimento são considerados fatores de risco e estão associados ao surgimento da DPF, como o Valgo Dinâmico do Joelho (VDJ) (Herrington, 2014) e a redução da dorsiflexão do tornozelo (Lima et al., 2018). Mais recentemente, estudos também mostraram uma associação entre o grau de cinesiofobia, o estado de saúde mental do indivíduo e o diagnóstico de DPF (de Oliveira Silva et al., 2019; Maclachlan et al., 2017).

O VDJ é citado como um padrão de movimento alterado, caracterizado por aumento da adução e rotação interna do fêmur, desvio em valgo do joelho, ou seja, abdução do joelho no plano frontal, rotação interna da tíbia e eversão do tornozelo que ocorre durante atividades dinâmicas como corridas, saltos ou agachamentos (Hewett et al., 2005). Esta condição pode ocasionar aumento do vetor de força lateral sobre a patela, causando mal alinhamento e aumento da pressão de contato entre as cartilagens, levando também a maior tensão sobre os retináculos patelares, contribuindo para a DPF (Bolglia et al., 2008). Estudos mostraram que atletas com VDJ aumentado parecem ter um risco aumentado de surgimento de DPF, principalmente no período de competições e treinos (Myer et al., 2010; Stefanyshyn et al., 2006). Embora não seja completamente entendido por que alguns indivíduos desenvolvem o VDJ durante movimentos, é possível que isso decorra da interação entre fatores anatômicos, musculares e posturais (Lankhorst et al., 2013).

O comportamento cinemático do joelho é influenciado pelas articulações proximais e distais, como tronco, pelve, quadris, tornozelos e pés (Dierks et al., 2008). Dessa forma, modificações biomecânicas e cinemáticas nessas articulações podem predispor ao surgimento do VDJ (Bellchamber e Van den Bogert, 2000). A rotação interna e a adução do quadril durante os movimentos foram ligadas ao desenvolvimento do VDJ (Padua et al., 2018). Essas alterações no

movimento do quadril foram associadas à fraqueza dos músculos abdutores, rotadores externos, extensores do quadril e extensores do joelho, sendo mais prevalentes em mulheres (Cronstrom et al., 2016). Pesquisas também indicaram que o VDJ pode ser induzido pela fadiga dos músculos do quadril e joelho, manifestando-se com um aumento após períodos de fadiga (Geiser et al., 2010). Além disso, mulheres com DPF exibiram menor força muscular nos abdutores, rotadores externos e extensores do quadril do membro afetado em comparação com mulheres assintomáticas, conforme apontado em revisão sistemática (Prins e van der Wurff, 2009).

No entanto, apesar de ter sido observado um aumento da rotação interna e adução do fêmur durante o VDJ, ainda não há consenso sobre se essas alterações estão verdadeiramente associadas à fraqueza da musculatura do quadril e do joelho. Outras revisões sistemáticas e metanálises apresentaram resultados discrepantes em relação à ligação entre essas mudanças musculares e o VDJ, sublinhando a urgência de condução de estudos adicionais (Cashman, 2012; Dix et al., 2019). No entanto, diferenças neuromusculares já têm sido observadas em pessoas com DPF quando comparado com pessoas saudáveis, em que os indivíduos com DPF têm apresentado o músculo quadríceps mais fraco (Lankhort et al., 2012). Com a avaliação por exames de imagem, é achado comum em indivíduos com DPF a atrofia do quadríceps, que é encontrada na musculatura dos vastos (Giles et al. 2013). Quanto aos aspectos neurais, foi encontrado inibição do quadríceps, incapacidade da ativação do músculo pelo sistema nervoso de aproximadamente 18%, apontado parte da perda de força devido à inibição do impulso neural central (Thomeé et al., 2019).

Por sua natureza multifatorial, a avaliação clínica da DPF deve englobar diversos testes para identificar fatores biomecânicos e neuromusculares que possam estar associados ao desenvolvimento e à persistência da dor. Dentre esses fatores, destaca-se a fraqueza muscular, o desalinhamento dinâmico dos membros inferiores e as limitações na amplitude de movimento, que podem ser avaliadas por meio de testes específicos. O teste de salto unipodal (*Single-Leg Hop Test*) é uma ferramenta útil para avaliar a capacidade funcional do membro inferior, incluindo força, controle neuromuscular e estabilidade dinâmica. Durante o teste, o indivíduo realiza saltos consecutivos com um único membro, e a distância alcançada é medida. Indivíduos com DPF frequentemente apresentam desempenho inferior, indicando déficits funcionais associados à condição (Benjaminse et al., 2012). Outro teste amplamente utilizado é o teste de descida de degrau lateral (*Lateral Step-Down Test*), que tem como objetivo avaliar o alinhamento dinâmico dos membros inferiores. Durante a execução, o paciente desce lateralmente de um degrau enquanto o avaliador observa a presença de desalinhamentos, como o valgo dinâmico do joelho. A fraqueza dos músculos abdutores e rotadores externos do quadril pode levar a um aumento da adução e rotação interna do fêmur, padrões de movimento frequentemente associados à DPF (Santos, 2023).

O teste de agachamento unipodal (*Single-Leg Squat Test*) também é uma ferramenta fundamental para a avaliação da estabilidade e do controle neuromuscular do membro inferior. Esse teste permite identificar desalinhamentos, como o valgo do joelho e a inclinação pélvica, que podem indicar fraqueza muscular e padrões de movimento compensatórios. Estudos indicam que indivíduos com DPF frequentemente apresentam um maior deslocamento do joelho para a linha média do corpo, sugerindo um comprometimento no controle motor do quadril e joelho (Herrington & Munro, 2010).

A avaliação da amplitude de movimento (ADM) do tornozelo, em especial a dorsiflexão, também é essencial, uma vez que restrições nessa mobilidade podem levar a compensações biomecânicas que favorecem o desenvolvimento da DPF. O teste de Lunge é um dos métodos utilizados para mensurar essa ADM e identificar possíveis limitações que possam estar associadas ao aumento do valgo dinâmico do joelho (Lima et al., 2018). Desta forma, a aplicação combinada desses testes na avaliação clínica permite uma análise mais abrangente dos fatores que contribuem para a DPF, facilitando a identificação de déficits específicos e auxiliando na elaboração de intervenções personalizadas e direcionadas para cada paciente.

### **2.3. Alterações distais na dor patelofemoral**

Os ajustes nos padrões de movimento do tornozelo e pé têm sido associados ao VDJ e à DPF (Stiffler et al., 2015). Indivíduos com DPF apresentaram ângulo máximo de eversão mais cedo na fase de apoio da marcha do que os indivíduos do grupo controle, o que poderia levar a maiores e mais rápidas cargas na articulação patelofemoral e ao surgimento ou piora da DPF (Luza et al., 2020). Levinger e Gilleard (2007) observaram, nos sujeitos com DPF, pico de eversão do retropé mais tarde na fase de apoio da marcha comparado ao grupo controle (39% no GC e 46% no DPF). O atraso no pico de eversão pode ter sido uma tentativa de atenuar o choque durante o início do apoio (Levinger e Gilleard 2007).

A diminuição no arco de movimento de dorsiflexão do tornozelo, em conjunto com o aumento da eversão e pronação do retropé, foi correlacionada a maiores valores de VDJ (Bittencourt et al., 2012; Macrum et al., 2012). Algumas pesquisas indicam que a restrição da dorsiflexão do tornozelo pode desencadear um padrão compensatório anormal de movimento durante a prática de movimentos com descarga de peso, especialmente em aterrissagens de saltos, corridas e agachamentos (Dill et al., 2014; Stiffler et al., 2015). Essa limitação da dorsiflexão resultaria em maior pronação do retropé e rotação externa da tíbia, levando à eversão do tornozelo e pé (Dill et al., 2014). Consequentemente, para manter o equilíbrio cinemático do membro inferior, ocorreria uma maior rotação interna e adução do fêmur, resultando no VDJ. No entanto, ainda não está claro se a redução da dorsiflexão do tornozelo é uma causa ou uma adaptação secundária à própria DPF (Lima et al., 2018).

Existe uma relação diretamente proporcional entre o ângulo máximo de eversão do retropé e a distribuição da pressão plantar. Em outras palavras, à medida que os valores do ângulo máximo de eversão do retropé aumentam, as pressões plantares nas regiões do mediopé também aumentam. Dessa forma, existe a hipótese que indivíduos com DPF apresentarão um ângulo máximo de eversão do retropé mais elevado durante a marcha, e essa alteração poderia influenciar mudanças na distribuição da pressão plantar, resultando em valores mais altos para o pico de pressão nas regiões mediais do pé (Luza et.al., 2020).

A restrição da primeira articulação metatarsofalângica e da dorsiflexão do tornozelo parece prolongar a eversão do retropé, que são alterações cinemáticas associadas à DPF. Além disso, as restrições de movimento no plano sagital podem resultar na rigidez do músculo gastrocnêmio, sendo a diminuição da flexibilidade do gastrocnêmio encontrada em indivíduos com DPF (Barton et. al., 2020). Um estudo prévio observou que um grupo com DPF apresentou maior área de contato no retropé medial e central durante o contato inicial do calcanhar, maior área de contato no antepé medial e lateral no apoio médio e maior área de contato no antepé lateral na fase de propulsão. O grupo DPF também apresentou menor pico de pressão no antepé medial durante a propulsão do que o grupo controle. Assim, é sugerido que os indivíduos com DPF apontam um processo mecânico do pé caracterizado por um contato inicial do calcanhar que ocorre medialmente no retropé e uma fase de propulsão que ocorre lateralmente no antepé. No apoio médio, a maior área de contato no antepé medial e lateral aponta que os indivíduos com DPF possuem maior excursão do pé durante esta fase, tanto medial quanto lateralmente (Aliberti et al., 2011).

Outro ponto observado é que os indivíduos com dor tiveram uma postura do pé pronado quando avaliada pelo índice de postura do pé e ângulo do arco longitudinal, e para todas as medidas relativas à articulação subtalar, neutra. Além disso, todas as medidas de postura dos pés tiveram maior amplitude de movimento para os indivíduos do grupo DPF (Barton et al., 2010). A postura dos pés, especialmente a queda do navicular e as medidas de mobilidade do pé, foram apontados como fatores de risco para o surgimento da DPF (Neal et al., 2016). Além disso, durante a corrida, indivíduos com DPF apresentaram taxas mais altas de tempo para pico de força no calcanhar lateral e pico de força nas regiões metatarsais centrais (Esculier et al., 2016).

Além das diferenças mecânicas, a estrutura e ativação de músculos do tornozelo e pé também têm sido alvo de estudos, na busca por identificar os possíveis mecanismos destas diferenças cinemáticas observadas. Os autores concluíram que em comparação com o GC, as mulheres com DPF, apresentaram maior espessura do fibular longo, sem diferença para o tibial anterior. No entanto, nenhum parâmetro morfológico foi associado ângulo de projeção do joelho no plano frontal durante o agachamento unipodal (Rodrigues et al., 2021). Já o estudo de Pompeo et al. (2021), observou que as pessoas com DPF apresentaram menor espessura do flexor curto dos dedos e maior do

gastrocnêmio medial. Em uma revisão sistemática com meta-análise que avaliou diferenças neuromusculares proximais e distais em pessoas com e sem dor patelofemoral, os autores não foram capazes de realizar meta-análise envolvendo parâmetros distais por ausência de estudos semelhantes para um mesmo desfecho (Rodrigues et al., 2022).

A importância dos fatores distais vem ganhando espaço em estudos com intervenção. Em um estudo que teve como objetivo comparar o efeito de dois modelos de treinamento sobre as variáveis clínicas e biomecânicas em mulheres com DPF, sendo um modelo baseado em exercícios com abordagem nos músculos proximais e locais, e outro modelo com exercícios locais e distais, os autores chegaram à conclusão de que ambos os modelos apresentaram resultados semelhantes com redução da dor e aumento da funcionalidade nos pacientes (Pompeo et al., 2022). Desta forma, ao existir benefícios gerais por meio da intervenção com foco em músculos distais, é necessário compreender quais diferenças existem nas articulações de tornozelo e pé em pessoas com DPF, o que ainda não foi sistematizado.

### **3. JUSTIFICATIVA**

A DPF é uma condição musculoesquelética de grande incidência e prevalência, sendo necessários mais estudos que compreendam as alterações cinemáticas, neuromusculares e funcionais relacionadas a ela. Há muitos estudos que apontam alterações nas articulações proximais como fator de risco e como uma alteração que pode ser consequência da DPF, enquanto estudos das alterações distais são escassos. Com base no que foi mencionado, existem diferenças cinemáticas em articulações distais em pessoas com DPF comparado com pessoas assintomáticas, diferenças funcionais que parecem aumentar o risco de desenvolvimento, bem como uma ausência de estudos que avaliem diferenças em parâmetros neuromusculares entre pessoas com e sem DPF. No entanto, as revisões realizadas até o presente momento são limitadas em relação aos parâmetros avaliados, bem como ao número de estudos incluídos. Desta forma, uma revisão sistemática que busque contemplar quais diferenças mecânicas, neuromusculares e funcionais de articulações distais diferem entre pessoas com e sem DPF se faz necessário, para compreender de fato o fenômeno, bem como direcionar as melhores condutas de prevenção e reabilitação destas pessoas.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo Geral**

Comparar parâmetros mecânicos, neuromusculares e funcionais de articulações distais (tornozelo e pé) em pessoas com e sem dor patelofemoral por meio de uma revisão sistemática com meta-análise.

## 4.2 Objetivos Específicos

- Analisar e comparar parâmetros mecânicos, neuromusculares e funcionais das articulações distais entre indivíduos com e sem DPF;
- Comparar medidas de força de articulações distais em pessoas com e sem dor patelofemoral;
- Comparar medidas de amplitude de movimento de articulações distais em pessoas com e sem dor patelofemoral;
- Comparar medidas cinemáticas de articulações distais durante diferentes testes em pessoas com e sem dor patelofemoral;
- Comparar medidas de estrutura muscular de articulações distais em pessoas com e sem dor patelofemoral;
- Comparar o desempenho em testes funcionais de articulações distais em pessoas com e sem dor patelofemoral.

## 5. CAPÍTULO 2: ARTIGO ORIGINAL

**Título: Existem diferenças mecânicas em articulações de tornozelo e pé entre pessoas com e sem dor patelofemoral? Uma revisão sistemática com meta-análise**

### RESUMO

**Introdução:** A dor patelofemoral (DPF) é uma condição musculoesquelética comum, multifatorial, que afeta principalmente adultos jovens e fisicamente ativos. Estudos têm enfatizado a importância dos fatores proximais, mas os efeitos de alterações em segmentos distais, como pé e tornozelo, ainda são pouco explorados. **Objetivo:** Comparar parâmetros mecânicos, neuromusculares e funcionais das articulações distais (pé e tornozelo) entre indivíduos com e sem dor patelofemoral, por meio de uma revisão sistemática com meta-análise. **Materiais e métodos:** Foi realizada uma busca nas bases de dados PubMed, ScienceDirect, Scielo e SPORTDiscus, sem restrição de data. Foram incluídos estudos observacionais que compararam adultos com e sem DPF em variáveis como força muscular, amplitude de movimento (ADM), cinemática, eletromiografia e morfologia muscular dos segmentos distais. A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada pela escala modificada de Downs and Black. Quando possível, os dados foram agrupados em meta-análises com modelo de efeitos aleatórios, utilizando o g de Hedges para estimativas de efeito. **Resultados:** Foram incluídos 35 estudos na revisão sistemática, sendo que 30 foram elegíveis para a meta-análise. Indivíduos com DPF apresentaram maior grau de eversão do retopé (SMD = -0.37; p=0.05; I<sup>2</sup>=87%), especialmente em mulheres, e maior queda do navicular comparado ao grupo sem DPF (SMD = -0.54; p=0.02; I<sup>2</sup>=25%). Não foram encontradas diferenças significativas na dorsiflexão do tornozelo nem na pressão plantar. A heterogeneidade foi alta em várias análises. **Conclusão:** Os achados indicam que indivíduos com dor patelofemoral apresentam alterações específicas nos segmentos distais, como maior eversão do retopé e queda do navicular. Esses dados reforçam a importância de considerar o pé e o tornozelo na avaliação e intervenção da DPF.

**Palavras-chave:** dor patelofemoral; pé; tornozelo; biomecânica; meta-análise.

## INTRODUÇÃO

A dor patelofemoral (DPF) é uma das disfunções musculoesqueléticas mais comuns que afetam o joelho, caracterizada por dor difusa na região anterior ou retropatelar (Smith et al., 2018). Essa condição é prevalente em diversas faixas etárias, com incidência significativa entre adolescentes e adultos jovens, especialmente do sexo feminino (Maclachlan, Collins e Hodges, 2017). Estudos apontam uma prevalência de 25% na população geral, com 36% dos casos ocorrendo em adolescentes, predominantemente em mulheres e atletas (Dix, Jenkins e Neal, 2019).

A etiologia da DPF é multifatorial e ainda não completamente elucidada. O mau posicionamento da patela é frequentemente citado como uma das principais causas (Petersen, Ellermann e Gohlke, 2014). Outros fatores incluem o aumento do ângulo Q, insuficiência do músculo vasto medial oblíquo, fraqueza dos músculos abdutores do quadril e pronação excessiva da articulação subtalar, que pode levar a compensações biomecânicas sobrecarregando a articulação do joelho (Lankhorst, Zwerts e Nooijen, 2013). Uma das compensações biomecânicas mais observadas é o excessivo valgo dinâmico do joelho, caracterizado pelo deslocamento medial do joelho durante atividades funcionais, como subir escadas, agachar ou correr. Esse padrão de movimento envolve uma combinação de adução e rotação interna do quadril, abdução do joelho e rotação externa da tibia, resultando em aumento do estresse lateral e compressão na articulação patelofemoral, contribuindo para o desenvolvimento ou agravamento da dor patelofemoral. Estudos indicam que indivíduos com DPF frequentemente apresentam fraqueza nos músculos abdutores e rotadores externos do quadril, o que está associado a um aumento do valgo dinâmico do joelho e, conseqüentemente, a uma maior sobrecarga na articulação patelofemoral (Prins e Van Der Wurff, 2009; Powers, 2010; Fukuda et al., 2012; Khayambashi et al., 2012).

Visto que grande parte dos movimentos que geram dor em pessoas com DPF envolvem descarga de peso, as articulações de tornozelo e pé apresentam um papel importante. Essas estruturas desempenham um papel essencial na absorção e distribuição de cargas, influenciando diretamente a estabilidade, a eficiência da locomoção e a prevenção de disfunções musculoesqueléticas (Hewett, Myer e Ford, 2005). Alterações cinemáticas e cinéticas nesses segmentos, como modificações na mobilidade do tornozelo (Levinger e Gilleard, 2007), no grau de eversão do pé (Barton et al., 2011), e na pronação do retropé (Levinger e Gilleard, 2007), têm sido observadas em indivíduos com DPF e podem gerar compensações biomecânicas e mudanças no alinhamento do membro inferior que impactam diretamente articulações mais proximais, como o joelho (Dierks et al., 2008) e estão associadas à DPF (Lankhorst, Zwerts e Nooijen, 2013).

Até o presente momento, diferentes revisões sistemáticas com meta-análise buscaram identificar diferenças entre pessoas com e sem DPF. Neste sentido, investigações mecânicas mais proximais, como a fraqueza de músculos do quadril, têm sido consistentemente observadas em indivíduos com dor patelofemoral, sendo associadas a padrões biomecânicos alterados durante atividades funcionais (Lixandrão et al., 2023). Mudanças cinemáticas de tronco e quadril também têm sido observadas (Hollman et al., 2015), de ativação e de estrutura de músculos do quadril (Rodrigues et al., 2022) e do joelho (Alsaleh et al., 2021) já foram realizadas. No entanto, sabendo da etiologia multifatorial da DPF e a presença de modificações mecânicas e funcionais na articulação do tornozelo e do pé em estudos originais (Levinger e Gilleard, 2007, Hewett, Myer e Ford, 2005, Dill et al., 2014), até o presente momento, não foram encontradas revisões sistemáticas com meta-análise que buscassem identificar estas diferenças. Ao nosso conhecimento, somente um estudo direcionou também para mudanças neuromusculares de tornozelo e pé, mas não foi possível realizar a meta-análise por ausência de estudos (Rodrigues et al. 2022).

Diante da escassez de estudos, as evidências de que intervenções com exercício que contemplem músculos de tornozelo e pé são tão eficazes quanto as intervenções mais tradicionais (com foco em músculos de tronco e quadril) (Pompeo et al. 2022), compreender as diferenças entre pessoas com e sem DPF nas articulações de tornozelo e pé pode contribuir para intervenções mais eficazes na reabilitação desta condição, otimizando a funcionalidade dos membros inferiores e reduzindo o risco de recorrência da dor. Assim, o objetivo do estudo é comparar as diferenças mecânicas e funcionais nas articulações de tornozelo e pé em pessoas com e sem dor patelofemoral.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Esta revisão sistemática e meta-análise segue as recomendações do PRISMA. Ainda, esta revisão foi registrada no Registro Prospectivo Internacional de Revisões Sistemáticas – PROSPERO (CRD42023443541).

### **Critérios de elegibilidade**

Foram incluídos estudos caso-controle, estudos prospectivos e ensaios clínicos que compararam desfechos de articulações distais em pessoas com dor patelofemoral (DPF) e um grupo controle saudável (GC). Os critérios de inclusão foram: (i) estudos com seres humanos; (ii) participantes diagnosticados exclusivamente com DPF; (iii) avaliação de parâmetros biomecânicos e funcionais das articulações do tornozelo e pé (força, cinemetria, amplitude de movimento - ADM, e testes clínicos, como o drop do navicular e mobilidade do pé); e (iv) estudos publicados em inglês, espanhol ou português. Foram excluídos estudos de revisão, conferências, cartas e resumos de

simpósios, bem como pesquisas que envolviam indivíduos com outras condições musculoesqueléticas, estudos sem medições de articulações distais ou que não apresentavam grupo controle saudável.

### Estratégia de busca

A busca foi realizada nas bases de dados PubMed, Scielo, ScienceDirect e SportDiscuss, sem limitação de datas. Listas de referências de estudos incluídos também foram analisadas para identificar pesquisas adicionais relevantes. Foram utilizados termos Mesh, termos Emtree e palavras-chave relacionadas à DPF e seus desfechos biomecânicos e funcionais (cinemática, força, amplitude de movimento, mobilidade). Os operadores booleanos "AND" e "OR" foram aplicados para combinar os termos. A descrição completa da estratégia de busca utilizada no Medline via base de dados PubMed é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1:** Descrição completa da estratégia de busca a ser utilizada no Medline via base PubMed.

<p>("Patellofemoral Pain Syndrome"[Mesh] OR "Pain Syndrome, Patellofemoral" OR "Anterior Knee Pain Syndrome" OR "Patellofemoral Syndrome" OR "Patellofemoral Pain" OR "Pain, Patellofemoral" OR "Patellofemoral Pains") AND ("Electromyography"[Mesh] OR "Electromyographies" OR "Surface Electromyography" OR "Electromyographies, Surface" OR "Electromyography, Surface" OR "Surface Electromyographies" OR "Electromyogram" OR "Electromyograms" OR "neural drive" OR "muscle coordination" OR "muscle architecture" OR "muscle thickness" OR "muscle activation" OR "Muscle Strength"[Mesh] OR "Strength, Muscle" OR "Dynamometer, Muscle Strength" OR "Dynamometers, Muscle Strength" OR "Muscle Strength Dynamometers" OR "muscle volume" OR "Muscular Atrophy"[Mesh] OR "Atrophies, Muscular" OR "Atrophy, Muscular" OR "Muscular Atrophies" OR "Atrophy, Muscle" OR "Atrophies, Muscle" OR "Muscle Atrophies" OR "Muscle Atrophy" OR "Neurogenic Muscular Atrophy" OR "Atrophies, Neurogenic Muscular" OR "Atrophy, Neurogenic Muscular" OR "Muscular Atrophies, Neurogenic" OR "Muscular Atrophy, Neurogenic" OR "Neurogenic Muscular Atrophies" OR "Neurotrophic Muscular Atrophy" OR "Atrophies, Neurotrophic Muscular" OR "Atrophy, Neurotrophic Muscular" OR "Muscular Atrophies, Neurotrophic" OR "Muscular Atrophy, Neurotrophic" OR "Neurotrophic Muscular Atrophies" OR "Range of Motion" OR "ROM" OR "Range of Motion, Articular"[Mesh] OR "Joint Range of Motion" OR "Joint Flexibility" OR "Flexibility, Joint" OR "Passive Range of Motion" OR "Arch Height</p>
---

Index” OR “Navicular Drop” OR “rearfoot eversion” OR "Foot Joints"[Mesh] OR “Foot Joint” OR “Joint, Foot” OR “Joints, Foot” OR “Articulationes pedis” OR “Intermetatarsal Joint” OR “Intermetatarsal Joints” OR “Joint, Intermetatarsal” OR “Joints, Intermetatarsal” OR "Foot"[Mesh] OR “Feet” OR "Ankle Joint"[Mesh] OR “pronation” OR “plantar pressure” OR “Midfoot Height Mobility” OR “Midfoot Height Mobility”)

### **Seleção de estudos**

Os resultados de cada base de dados foram exportados para o software EndNote para remoção de duplicatas. Dois autores independentes analisaram os títulos e resumos, excluindo estudos que não atendiam aos critérios de elegibilidade. Quando houve discordância, um terceiro revisor foi consultado. Os artigos selecionados tiveram seus textos completos avaliados para decisão final de inclusão.

### **Extração de dados**

Os dados foram extraídos em formulário criado pelos pesquisadores, incluindo informações de publicação (autor, ano) e os itens essenciais do checklist do *REPORTing of quantitative PatelloFemoral Pain* (REPORT-PFP) (Barton et al., 2021), como dados demográficos (sexo, idade, perfil de atividade física e índice de massa corporal), sintomas iniciais (duração dos sintomas, intensidade habitual da dor, sintomas unilaterais/bilaterais, intensidade da dor durante atividades e função física). Foram registradas as médias e desvios padrão de ambos os grupos (DPF e GC) para os desfechos de interesse sempre que disponíveis. Se um estudo apresentou mais de dois grupos (por exemplo, outra doença musculoesquelética ou outra intervenção), apenas os dados dos grupos relevantes foram extraídos.

Os dados também foram extraídos para a realização da meta-análise. Quando os dados estivessem apresentados apenas em figuras e não em texto ou tabelas, os autores dos estudos foram contatados. Caso nenhuma resposta tenha sido recebida dentro de um mês, esses valores foram extraídos usando um software de imagem específico (Image J, National Institute of Health, Bethesda, Maryland) para obter valores de média e desvio padrão (Higgins, 2021). Quando os estudos apresentavam múltiplas tarefas, diferentes fases de uma mesma tarefa ou medidas de diferentes partes do músculo, todos os valores foram extraídos. Além disso, sempre que possível, os resultados para homens e mulheres foram apresentados separadamente.

### **Avaliação de qualidade metodológica**

Uma versão modificada da escala Downs and Black (Downs and Black, 1998) foi utilizada para avaliar a qualidade metodológica, com base em estudos anteriores semelhantes (Barton et al. 2013; Tayfur et al. 2021; Rodrigues et al. 2022). Esta versão é pontuada por 15 itens, excluindo as questões sobre randomização e intervenções da versão original, com pontuação máxima de 16. Os limiares de qualidade metodológica foram os seguintes: baixo (< 9 pontos), moderado (10–11 pontos) e alto (>12 pontos).

### **Análise de dados**

Os dados foram agrupados para a realização da meta-análise quando houve mais de dois estudos relatando o mesmo desfecho. Para a cinemetria, força e ADM, as análises foram agrupadas por movimento avaliado (por exemplo, inversão, eversão, dorsiflexão). Em situações que diferentes fases de um mesmo movimento foram avaliadas por meio de cinemetria (por exemplo, ciclo da marcha), todos os dados foram utilizados. Para EMG, quando estudos relataram múltiplos valores durante uma única tarefa (por exemplo, fase concêntrica e excêntrica de um agachamento ou salto; diferentes velocidades durante o agachamento unipodal; variações da mesma tarefa), ou dados de diferentes subdivisões do mesmo músculo, ou diferentes subgrupos populacionais (por exemplo, pessoas com dor de nível alto e nível baixo), ou variações de um mesmo exercício, os valores foram combinados antes de serem agrupados.

Na meta-análise, foi utilizado um modelo de efeitos aleatórios. Diferença média padronizada (*Standardized Mean Differences* - SMD), usando o g de Hedges, com estimativas de efeito e IC95% resumidos em gráficos *forest plots*, sendo um valor de  $p < 0,05$  considerado estatisticamente significativo (Takeshima et al. 2014). As SMDs foram categorizadas como tendo tamanho de efeito pequeno (até 0,59), médio (0,60–1,19) ou grande (1,20). A heterogeneidade estatística foi avaliada pelo Teste de Inconsistência ( $I^2$ ), onde valores acima de 25% e 50% foram considerados indicativos de heterogeneidade moderada e alta, respectivamente (Higgins et al. 2003).

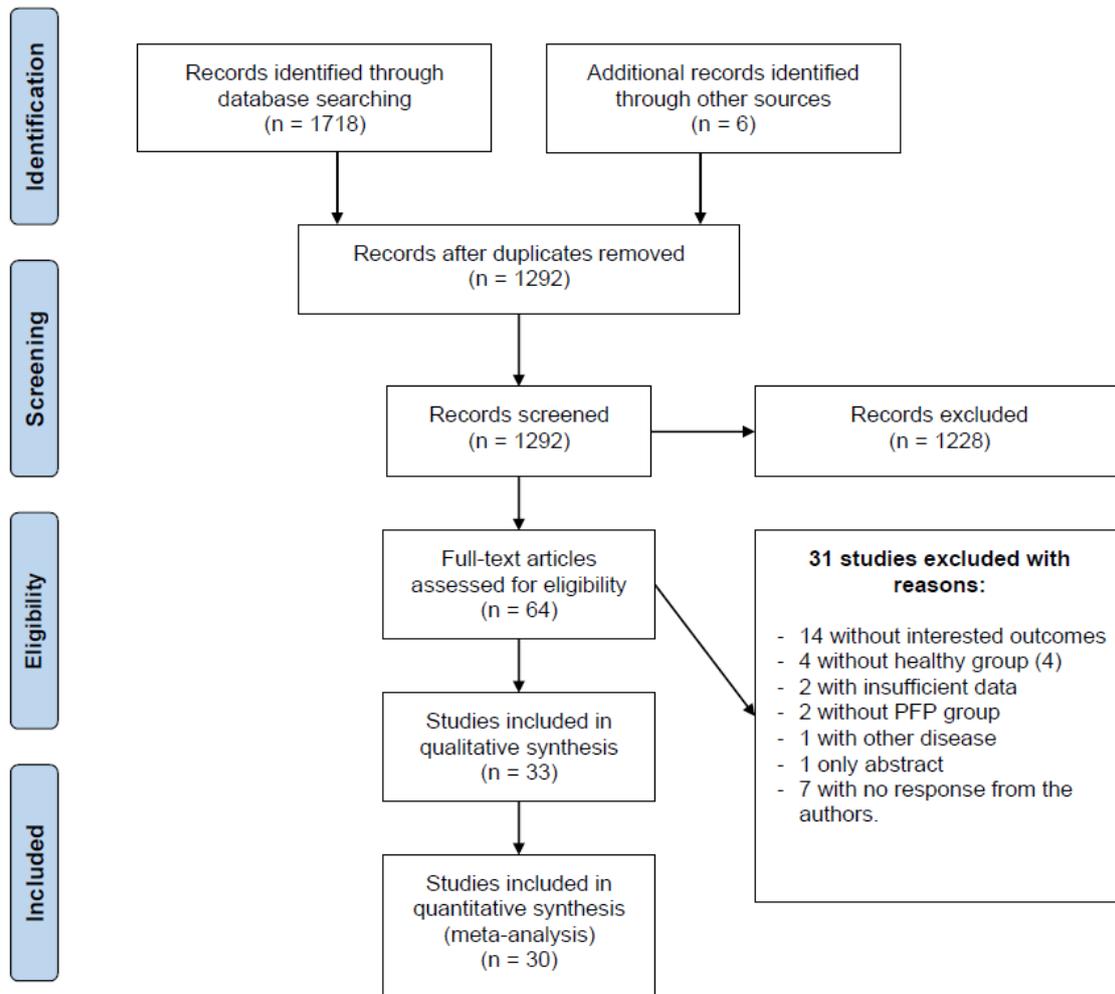
Para explorar a heterogeneidade entre os estudos, foram realizadas análises de subgrupos considerando o sexo e a tarefa realizada sempre que possível. Para estudos com tarefas diferentes, mas com movimentos semelhantes (por exemplo, descer degraus e descer escadas; agachamento unipodal ou bipodal), os valores foram agrupados na mesma categoria. Todas as análises foram realizadas utilizando o software Review Manager (RevMan versão 5.3).

## RESULTADOS

### Estudos incluídos

A pesquisa inicial retornou 1724 estudos recuperados das diferentes bases de dados. Duplicatas foram removidas ( $n = 432$ ) e, após a triagem dos títulos e resumos, 64 textos completos foram baixados para uma triagem adicional. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 33 estudos atenderam aos critérios de elegibilidade para inclusão nesta revisão sistemática. Para a meta-análise, 3 estudos não puderam ser incluídos porque não puderam ser comparados com pelo menos um outro estudo que realizasse medições do mesmo desfecho (Dingenen et al., 2019; Piva, Goodnite, & Childs, 2005; Van Cant, Pitance, & Feipel, 2017). Assim, 30 estudos foram incluídos na meta-análise (Figura 1).

Dezenove estudos mediram o grau de eversão do retro pé (Barton, Levinger, Webster, & Menz, 2011; Bramah, Preece, Gill, & Herrington, 2018; Callaghan & Baltzopoulos, 1994; Curcio dos Reis, 2016; de Moura Campos Carvalho e Silva, Magalhães, Fernandes, & Thiago Yukio, 2014; de Oliveira Silva, Barton, Pazzinatto, Briani, & de Azevedo, 2016; de Oliveira Silva, Magalhães, et al., 2016; Dierks, Manal, Hamill, & Davis, 2011; Duffey, Martin, Cannon, Craven, & Messier, 2000; P. Levinger, Gilleard, & Sprogis, 2006; Pazit Levinger & Gilleard, 2007; Luz et al., 2018; Luza, Luza, & Santos, 2020; Messier, Davis, Curl, Lowery, & Pack, 1991; Noehren, Pohl, Sanchez, Cunningham, & Lattermann, 2012; Piazza et al., 2014; Powers, Chen, Reischl, & Perry, 2002; Powers, Maffucci, & Hampton, 1995; P. Rodrigues, TenBroek, & Hamill, 2013), 7 estudos mediram a amplitude de movimento (ADM) de dorsiflexão do tornozelo (Baellow et al., 2022; Barton, Bonanno, Levinger, & Menz, 2010; Dag et al., 2019; Hassan, Youssef, Mahmoud, Eltagy, & El-Desouky, 2022; Lopes Ferreira et al., 2020; Messier et al., 1991; R. Rodrigues et al., 2022), 5 estudos mediram a pressão plantar (Aliberti, Costa, Passaro, Arnone, & Sacco, 2010; Aliberti et al., 2011; Dag et al., 2019; Luza et al., 2020; Rathleff et al., 2014), 3 estudos mediram a queda do navicular (Barton et al., 2010; de Moura Campos Carvalho e Silva et al., 2014; Kedroff, Galea Holmes, Amis, & Newham, 2019) e 3 estudos mediram o índice de postura do pé (Baellow et al., 2022; Barton et al., 2010; Lopes Ferreira et al., 2020).



**Figura 1:** Fluxograma dos estudos incluídos

## Características dos estudos incluídos

### Participantes

Ao total, foram incluídos 1922 participantes (DPF,  $n = 1009$ ; GC,  $n = 913$ ). Os estudos incluídos tiveram amostra que variou de 18 a 66 participantes por grupo, com predominância do sexo feminino (70%) e faixa etária entre 18 e 35 anos. O índice de massa corporal (IMC) situou-se, em sua maioria, entre 19 e 27 kg/m<sup>2</sup>. A duração dos sintomas foi amplamente variável, com registros entre 1 e 74 meses. No entanto, grande parte dos estudos relatou sintomas com mais de um ano de evolução. A presença de sintomas bilaterais foi identificada em aproximadamente 75% dos casos.

Em relação ao nível de atividade física, apenas uma parte dos estudos relatou esse dado, sendo que os participantes foram, em sua maioria, classificados como recreativos ou moderadamente ativos. O nível de dor habitual variou amplamente, com relatos entre 8 e 66 mm em escala analógica visual, e a função física foi medida em mais da metade dos estudos, comumente por meio da escala de dor anterior do joelho, com escores variando entre 49,6 e 85 (em uma escala onde 100 representa ausência total de dor) (Tabela 2).

Tabela 2: Caracterização dos estudos incluídos

Estudo	M	F	Grupo	Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa Corporal (kg)	Atividade Física	Dor
Aliberti et al., 2010	4	26	DPF	30 ± 7	165 ± 9	63 ± 11	3x semana	1,6 ± 2,3
	5	39	GC	30 ± 8	165 ± 8	60 ± 11		0
Aliberti et al., 2011	2	20	DPF	30 ± 7	165 ± 9	63 ± 12	41,4%	1,7 ± 2,3
	3	32	GC	29 ± 7	164 ± 8	60 ± 11		0
Baellow et al., 2022	9	26	DPF	20,5 ± 3,8	170,8 ± 11,9	73,3 ± 26,6	NI	> 3,0 (critério)
	9	26	GC	20,4 ± 3,2	169,6 ± 9,1	64,8 ± 11,5		0
Barton et al., 2010	5	15	DPF	22,8 ± 4,1	167,9 ± 6,8	66,8 ± 11,3	3682 ± 1642	≥ 3,0 (critério)
	5	15	GC	21,9 ± 3,5	169,9 ± 8,3	63,9 ± 14,0		3028 ± 1400
Barton et al., 2011	5	21	DPF	25,1 ± 4,6	168,6 ± 8,4	66,7 ± 12,8	5801 ± 2991	≥ 3,0 (critério)
	4	16	GC	23,4 ± 2,3	171,1 ± 8,4	66,0 ± 15,4		4761 ± 3937
Bramah et al., 2018	28	44	DPF	34,5 ± 9,4	173,5 ± 8,5	64,4 ± 9,6	Corrida até dor (10 min) Corrida 60 mi/semana	> 3,0 (critério)
	15	21	GC	33,2 ± 8,4	171,6 ± 7,3	60,8 ± 8,4		0
Callaghan et al., 1994	0	15	DPF	27 ± 6,5	NI	61,5 ± 17,5	NI	Dor durante atividades funcionais
	0	15	GC	23,5 ± 3,2	NI	59,7 ± 6,9		NI
Curcio dos Reis et al., 2022	0	34	DPF	26,5 ± 8,2	158 ± 5,8	57,2 ± 6,8	NI	5,7 ± 1,6
	0	36	GC	24,6 ± 4,0	163 ± 6,2	55,6 ± 6,1		NI
Dag et al., 2019	6	9	DPF	21,3 ± 1,8	167,8 ± 7,2	60,1 ± 8,6	7612 ± 5231 #	5,7 ± 1,6 (pior dor)
	6	9	GC	21,4 ± 2,1	170,8 ± 8,7	63,5 ± 9,4		8952 ± 7427 #
de Moura Campos et al., 2014	0	20	DPF	22,8 ± 2,8	162 ± 7	56,8 ± 10,0	NI	6,0 ± 1,8
	0	20	GC	24,1 ± 2,6	163 ± 6	61,9 ± 10,0		NI
de Oliveira Silva et al., 2016	0	24	DPF	21,81 ± 2,69	165 ± 6	65,02 ± 9,06	4433 ± 437 #	5,8 ± 2 (pior dor)
	0	24	GC	22,27 ± 3,52	165 ± 4	63,45 ± 6,31		4030 ± 595 #
De Oliveira Silva et al., 2018	0	15	DPF	24,9 ± 4,4	1,63 ± 0,05	59,5 ± 8,2	NI	≥ 3
	0	15	GC	23,5 ± 3,6	1,64 ± 0,06	58,1 ± 7,5		NI
Dierks et al., 2011	5	15	DPF	28,1 ± 5,9	170,5 ± 6,8	62,1 ± 8,9	Corredores 27,3 km/sem	≥ 3
	5	15	GC	26,5 ± 6,4	168,7 ± 6,3	60,3 ± 7,8		Corredores 24,6 km/sem
Dingenen et al., 2019	5	13	DPF	31,3 ± 6,8	170,5 ± 8,4	66,1 ± 10,5	Corredores recreacionais	72,3 ± 5,6
	7	17	GC	35,8 ± 16,4	169,5 ± 8,4	66,0 ± 11,0		Corredores recreacionais
Duffey et al., 2000	68	31	DPF	23,2 ± 4,5	168,3 ± 6,1	68,5 ± 9,2	15–20 km/semana	5,5 ± 1,3

	53	17	GC	22,5 ± 3,9	170,2 ± 6,2	66,7 ± 8,4	20–25 km/semana	0
<b>Hassan et al., 2022</b>	27	43	DPF	25,6 ± 3,7	1,65 ± 0,05	62,2 ± 6,4	4–5 vezes/semana	5,1 ± 1,3
	35	35	GC	26,1 ± 4,0	1,67 ± 0,06	63,0 ± 6,2	4–5 vezes/semana	0
<b>Kedroff et al., 2019</b>	6	5	DPF	23,7 ± 2,8	170 ± 10	69,6 ± 11,2	NI	2,0 (usual) 6,0 (pior)
	6	5	GC	25,0 ± 4,6	170 ± 10	67,6 ± 14,7	NI	0
<b>Noehren et al., 2012</b>	0	16	DPF	27 ± 6	164 ± 5	57,4 ± 4,6	Corrida (23 ± 10 km/sem)	≥ 3,0
	0	16	GC	25 ± 4	165 ± 7	58,7 ± 6,5	Corrida (35 ± 16 km/sem)	0
<b>Messier et al., 1991</b>	14	10	DPF	30,5 ± 6,1	173,3 ± 6,9	68,2 ± 8,6	Corrida (42,5 km/sem)	Dor ao correr
	13	11	GC	31,2 ± 5,9	175,0 ± 6,7	70,1 ± 9,1	Corrida (44,3 km/sem)	0
<b>Piazza et al., 2014</b>	0	23	DPF	22,4±5,6	1,65±7	58,95±8,1	NI	≥ 3
	0	28	GC	21,4±3,7	1,64±5	59,53±8,2	NI	0
<b>Piva et al., 2005</b>	13	17	DPF	25,8±6	1,69±4	76,9±17,4	50%: esportes intensos	escore ≤ 85 no AKPS
	13	17	GC	25,7±5,9	1,70±10,6	68,8±14,2	13.3%: esportes intensos	0
<b>Powers et al., 1995</b>	0	15	DPF	22,0 ± 3,6	169 ± 6	65 ± 8	NI	-
	0	15	GC	23,3 ± 2,5	170 ± 5	64 ± 7	NI	0
<b>Powers et al. 2002</b>	0	24	DPF	25,4 ± 7,3	164,9 ± 10,8	63,6 ± 10,1	NI	-
	0	18	GC	27,6 ± 4,8	165,8 ± 7,6	59,6 ± 7,5	NI	-
<b>Levinger et al. 2006</b>	0	15	DPF	33,9 ± 10,2	1,67 ± 0,06	69,7 ± 19,8	agachamento unilateral com 45° de flexão	Dor em atividades
	0	15	GC	27,1 ± 10,8	1,66 ± 0,07	62,5 ± 6,4		0
<b>Levinger et al. 2007</b>	0	15	DPF	38,4 ± 10,1	1,66 ± 0,60	70,6 ± 18,2	3h por semana	2
	0	15	GC	25,1 ± 8,7	1,66 ± 0,65	61,3 ± 7,6	4,1h por semana	0,0
<b>Lopes Ferreira et al. 2020</b>	0	23	DPF	22,93 ± 3,05	1,63 ± 0,05	58,80 ± 6,70	IPAQ: Ativo	5,67 ± 1*
	0	28	GC	25,21 ± 3,06	1,63 ± 0,03	58,21 ± 4,50	IPAQ: Ativo	0
<b>Luza et al. 2020</b>	0	23	DPF	23 ± 6	1,65 ± 0,75	59,8 ± 8,1	Nível funcional compatível com atividades do cotidiano.	≥ 2
	0	28	GC	21 ± 4	1,64 ± 0,05	59,1 ± 8,1		0
<b>Luz et al. 2018</b>	16	11	DPF	22,04 ± 5,66	1,65 ± 0,07	58,95 ± 8,13	Corrida (15km/sem)	≥ 2
	16	11	GC	21,46 ± 3,79	1,64 ± 0,05	59,53 ± 8,28	Corrida (15km/sem)	0
<b>Rathleff et al., 2014</b>	13	10	DPF	25,8 ± 7,4	174,4 ± 10,9	71,2 ± 14,0	343,7 ± 272,4 minutos/seman a	NI
	10	10	GC	26,6 ± 3,1	176,2 ± 9,2	72,1 ± 14,1	536,0 ± 204,9 minutos/seman a	NI
	13	4	DPF	-	-	-	Corredores	-

<b>Rodrigues et al., 2013</b>	10	9	GC	-	-	-	12,9 km/sem	Corredores	-
							12,9 km/sem		
<b>Rodrigues et al., 2023</b>	0	15	DPF	26,33 ± 4,18	-	-	2132 ± 1824 <sup>#</sup>		2,22 ± 1,24
	0	15	GC	29,00 ± 5,23	-	-	2053 ± 1648 <sup>#</sup>		0,14 ± 0,35
<b>Van Cant et al., 2017</b>	15	6	DPF	21,1 ± 2,6	-	55,9 ± 7,4	1–4 h/semana <sup>§</sup>		58,6 ± 11,1 <sup>&amp;</sup>
	14	7	GC		-	58,3 ± 7,4	1–4 h/semana <sup>§</sup>		0
<b>Willson et al., 2015</b>	0	19	DPF	24,4 ± 4,1	166,8 ± 5,7	63,9 ± 8,9	Corrida (> 10 mi/semana)		≥ 3 na escala VAS
	0	20	GC	-	-	-	Corrida (> 10 mi/semana)		0

**Legenda:** #: IPAQ – International Physical Activity Questionnaire; §: BAQ – Baecke Activity Questionnaire; &: LEFS – Lower Extremity Functional Scale; \* NPRS: Numerical Pain Rate Scale; NI: não informado

### Qualidade metodológica

A avaliação da qualidade metodológica utilizando uma versão modificada da escala Downs and Black foi baseada em 15 critérios distribuídos em cinco vertentes: relato de resultados, validade externa, vieses, fatores de confusão e validade estatística. A pontuação média dos artigos foi de 11/16 (~80% dos estudos com pontuação ≥ 11), indicando alta qualidade metodológica (Tabela 3). Os resultados destacam uma forte consistência no reporte dos objetivos, resultados e características dos participantes, mas revelaram limitações recorrentes na validade externa, no cegamento dos avaliadores e no ajuste de fatores de confusão.

**Tabela 3:** Avaliação da qualidade metodológica utilizando a versão modificada da escala Downs and Black

Estudo	1	2	3	5	6	7	10	11	12	15	16	18	20	21	25	Total
<b>Aliberti et al. (2010)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>11</b>
<b>Aliberti et al. (2011)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Baellow et al. (2022)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	<b>12</b>
<b>Barton et al. (2010)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Barton et al. (2011)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	<b>10</b>
<b>Bramah et al. (2018)</b>	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Callaghan et al. (1994)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	<b>11</b>
<b>Curcio dos Reis et al. (2022)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Dag et al. (2019)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>

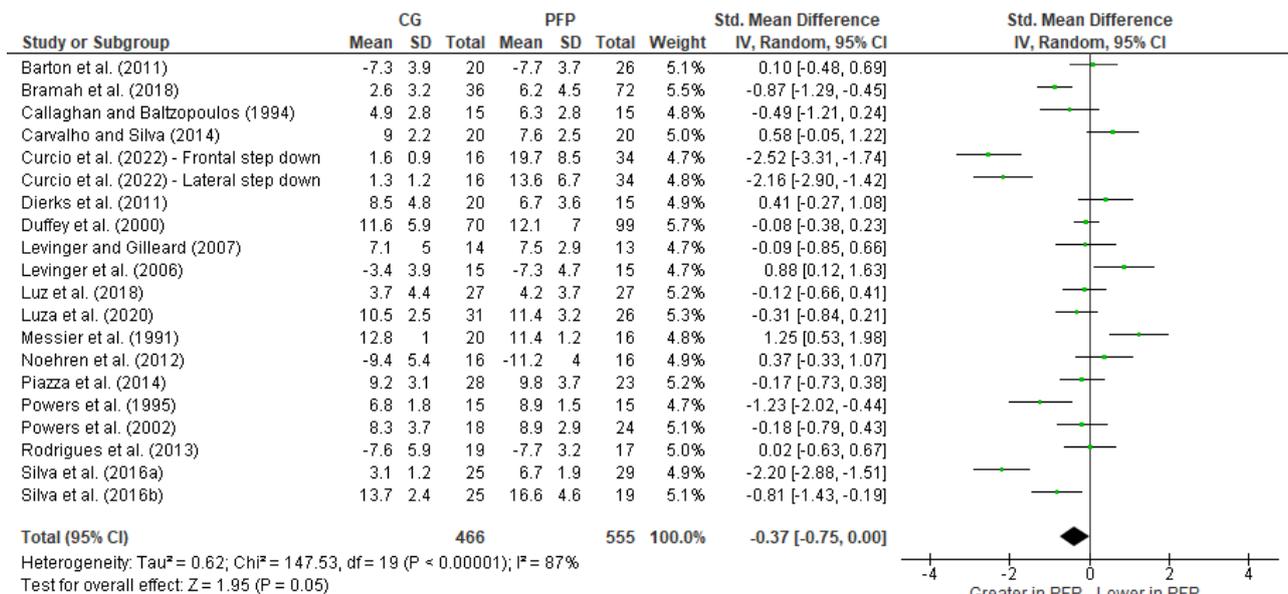
<b>De Moura Campos et al. (2014)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>De Oliveira Silva et al. (2016a)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>De Oliveira Silva et al. (2016b)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	<b>10</b>
<b>Dierks et al. (2011)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Dingenen et al. (2019)</b>	1	1	1	2	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	<b>10</b>
<b>Duffey et al. (2000)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>11</b>
<b>Hassan et al. (2022)</b>	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>10</b>
<b>Kedroff et al. (2019)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	<b>11</b>
<b>Levinger et al. (2006)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Levinger et al. (2007)</b>	1	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Lopes Ferreira et al. (2020)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>11</b>
<b>Messier et al. (1991)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>11</b>
<b>Noehren et al. (2012)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>11</b>
<b>Piazza et al. (2014)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>11</b>
<b>Piva et al. (2005)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>11</b>
<b>Powers et al. (1995)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>11</b>
<b>Powers et al. (2002)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>11</b>
<b>Rathleff et al. (2014)</b>	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Rodrigues et al. (2023)</b>	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Rodrigues et al. (2013)</b>	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Van Cant et al. (2017)</b>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	<b>10</b>
<b>Luza et al. (2020)</b>	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	<b>12</b>
<b>Willson et al. (2015)</b>	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	<b>11</b>

Legenda dos itens: 1, que corresponde a objetivo/hipótese claros; 2, medidas de desfecho claramente descritas; 3, características dos pacientes claramente descritas; 5, variáveis de confusão descritas; 6, principais resultados claramente descritos; 7, medidas de variabilidade aleatória fornecidas; 10, valores de probabilidade reais reportados; 11, participantes convidados a participar representativos de toda a população; 12, participantes preparados para participar representativos de toda a população; 15, cegamento do avaliador de desfecho; 16, análise concluída conforme planejado; 18, estatísticas apropriadas; 20, medidas de desfecho válidas e confiáveis; 21, pareamento caso-controle apropriado; e 25, ajustes realizados para variáveis de confusão. Para os itens 1–3, 6, 7, 10–12, 15, 16, 18, 20, 21 e 25, as opções de resposta são: 0 (não), 1 (sim) ou U (incapaz de determinar). Para o item 5, as opções de resposta são: 0 (não), 1 (parcialmente) ou 2 (sim).

## Resultados da meta-análise

### Eversão do retropé

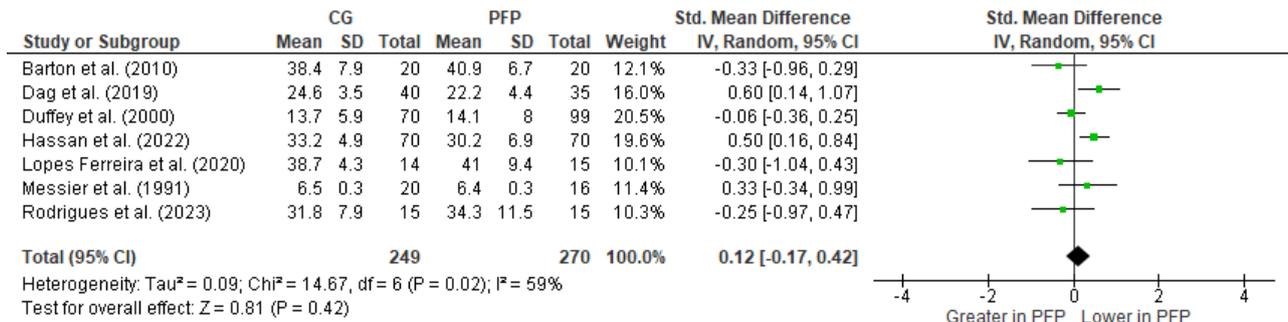
Dezenove estudos mediram o grau de eversão do retropé (Barton et al., 2011; Bramah et al., 2018; Callaghan & Baltzopoulos, 1994; Curcio dos Reis, 2016; de Moura Campos Carvalho e Silva et al., 2014; de Oliveira Silva, Barton, et al., 2016; de Oliveira Silva, Magalhães, et al., 2016; Dierks et al., 2011; Duffey et al., 2000; P. Levinger et al., 2006; Pazit Levinger & Gilleard, 2007; Luz et al., 2018; Luza et al., 2020; Messier et al., 1991; Noehren et al., 2012; Piazza et al., 2014; Powers et al., 2002; Powers et al., 1995; P. Rodrigues et al., 2013). Foi observado um maior grau de eversão do retropé no grupo DPF, porém, com alto grau de heterogeneidade (SMD = -0.37; 95% CI [- 0.75; 0.00];  $p=0.05$ ;  $I^2=87\%$ ) (Figura 2). Uma análise de subgrupo foi realizada por sexo, usando estudos somente com mulheres (Callaghan & Baltzopoulos, 1994; Curcio dos Reis, 2016; de Moura Campos Carvalho e Silva et al., 2014; de Oliveira Silva, Barton, et al., 2016; de Oliveira Silva, Magalhães, et al., 2016; P. Levinger et al., 2006; Pazit Levinger & Gilleard, 2007; Luza et al., 2020; Noehren et al., 2012; Piazza et al., 2014; Powers et al., 2002; Powers et al., 1995), encontrando os mesmos resultados e com alto grau de heterogeneidade (SMD = -0.63; 95% CI [-1.19; -0.08];  $p=0.03$ ;  $I^2=89\%$ ). Na análise por tarefa, usando somente tarefas de marcha (Barton et al., 2011; Bramah et al., 2018; Callaghan & Baltzopoulos, 1994; Dierks et al., 2011; Duffey et al., 2000; Pazit Levinger & Gilleard, 2007; Luz et al., 2018; Luza et al., 2020; Messier et al., 1991; Noehren et al., 2012; Piazza et al., 2014; Powers et al., 2002; P. Rodrigues et al., 2013) não foram encontradas diferenças, com alta heterogeneidade (SMD = -0.05; 95% CI [-0.31; 0.21];  $p=0.70$ ;  $I^2=63\%$ ).



**Figura 2:** Grau de eversão do retropé. Maior ou menor em relação ao GC.

### ADM de dorsiflexão do tornozelo

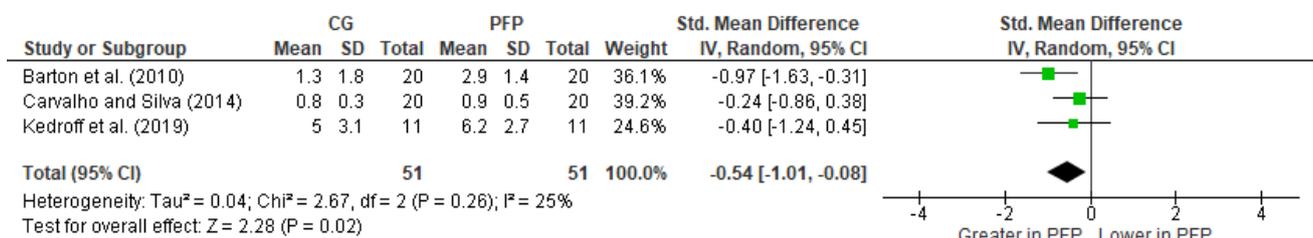
Sete estudos mediram a ADM de dorsiflexão do tornozelo (Barton et al., 2010; Dag et al., 2019; Duffey et al., 2000; Hassan et al., 2022; Lopes Ferreira et al., 2020; Messier et al., 1991; R. Rodrigues et al., 2022). Não foi observada diferença entre os grupos, porém, com alto grau de heterogeneidade (SMD = 0.12; 95% CI [-0.17; 0.42];  $p=0.42$ ;  $I^2=59\%$ ) (Figura 3). Uma análise de subgrupo foi realizada utilizando somente as medidas passivas e o mesmo resultado foi observado, com alto grau de heterogeneidade (SMD = 0.08; 95% CI [-0.26; 0.42];  $p=0.65$ ;  $I^2=54\%$ ).



**Figura 3:** ADM de dorsiflexão. Maior ou menor em relação ao GC.

#### Queda do navicular

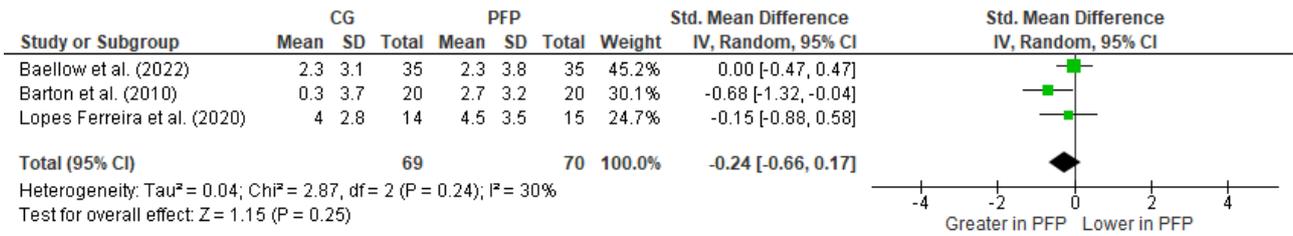
Três estudos mediram a queda do navicular (Barton et al., 2010; de Moura Campos Carvalho e Silva et al., 2014; Kedroff et al., 2019). Foi observada uma maior queda do navicular no grupo DPF, com baixa heterogeneidade (SMD = -0.54; 95% CI [-1.01; -0.08];  $p=0.02$ ;  $I^2=25\%$ ) (Figura 4).



**Figura 4:** Queda do navicular. Maior ou menor em relação ao GC.

#### Índice de postura do pé

Três estudos mediram o índice de postura do pé (Baellow et al., 2022; Barton et al., 2010; Lopes Ferreira et al., 2020). Não foram observadas diferenças entre os grupos, com moderada heterogeneidade (SMD = -0.24; 95% CI [-0.66; 0.17];  $p=0.25$ ;  $I^2=30\%$ ) (Figura 5).

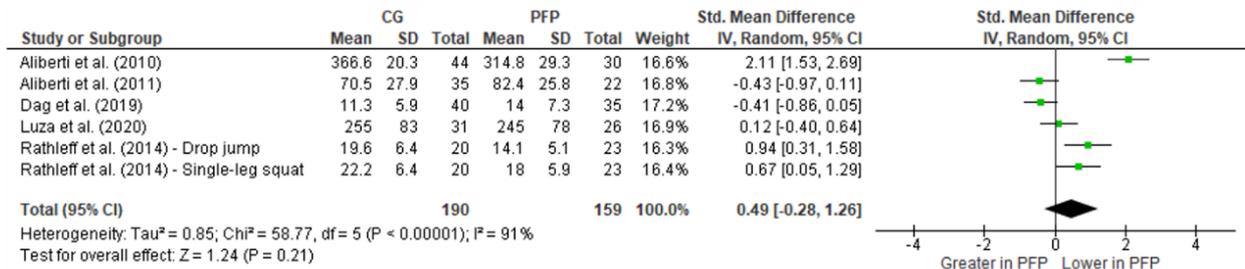


**Figura 5:** Índice de postura do pé. Maior ou menor em relação ao GC.

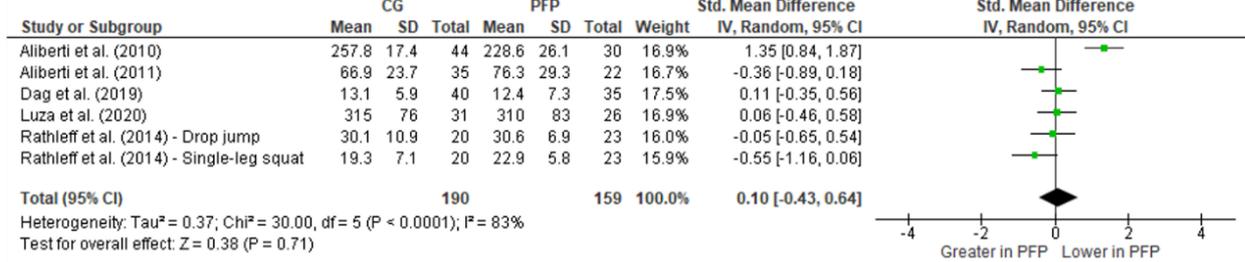
**Pressão Plantar**

Seis estudos mediram a pressão plantar em diferentes regiões do pé (Aliberti et al., 2010; Aliberti et al., 2011; Dag et al., 2019; Luza et al., 2020; Rathleff et al., 2014; Willson, Ellis, & Kernozek, 2015). Não foram encontradas diferenças entre os grupos, com alta heterogeneidade, na região ante pé lateral (SMD = 0.49; 95% CI [-0.28; 1.26]; p=0.21; I<sup>2</sup>=91%) e ante pé medial (SMD = 0.10; 95% CI [-0.43; 0.64]; p=0.71; I<sup>2</sup>=83%) (Figura 6 A-B), médio pé (SMD = 0.07; 95% CI [-0.31; 0.45]; p=0.71; I<sup>2</sup>=62%) (Figura 7), retro pé lateral (SMD = 0.40; 95% CI [-0.20; 1.00]; p=0.19; I<sup>2</sup>=82%), retro pé medial (SMD = -0.01; 95% CI [-0.43; 0.41]; p=0.97; I<sup>2</sup>=65%) e retro pé central (SMD = 0.32; 95% CI [-0.64; 1.29]; p=0.51; I<sup>2</sup>=90%) (Figura 8 A-C).

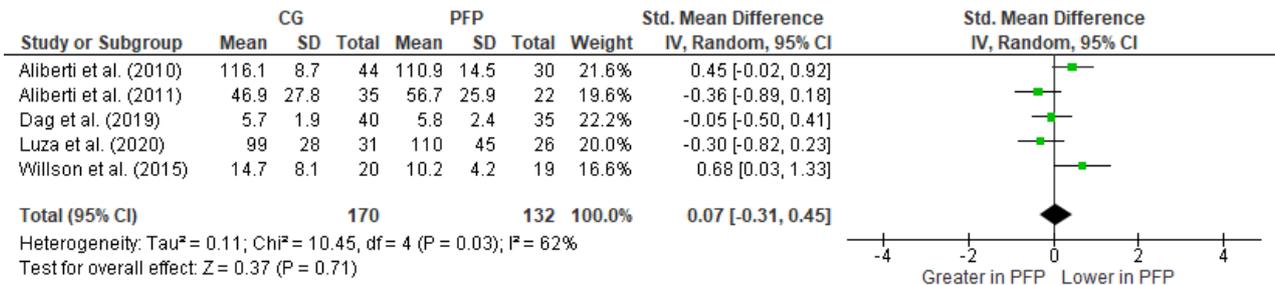
**A**



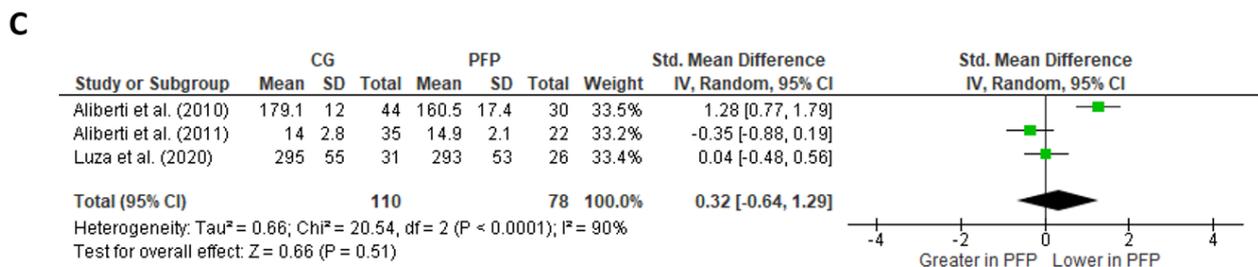
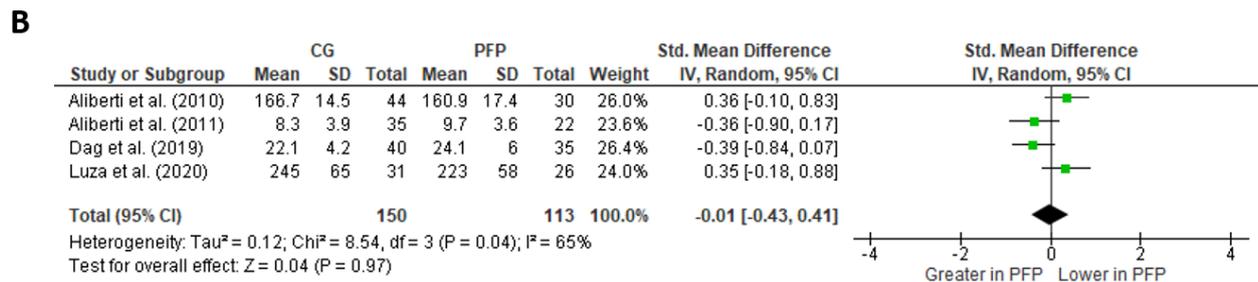
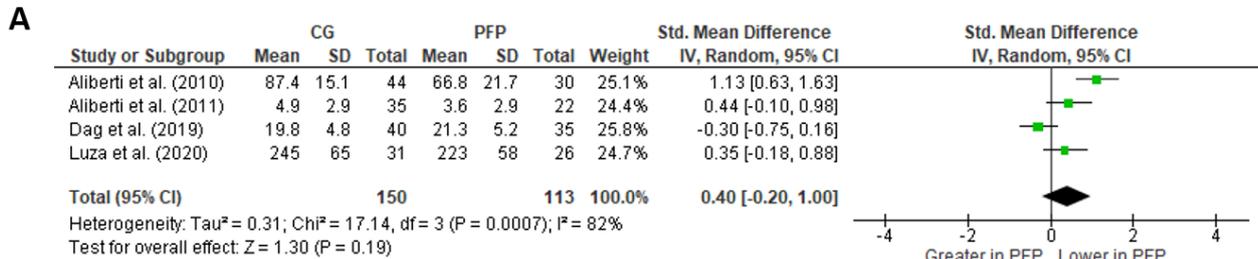
**B**



**Figura 6:** Pressão plantar na região do antepé lateral (A) e medial (B). Maior ou menor em relação ao GC.



**Figura 7:** Pressão plantar na região do mediopé. Maior ou menor em relação ao GC.



**Figura 8:** Pressão plantar na região do retropé lateral (A), medial (B) e central (C). Maior ou menor em relação ao GC.

**DISCUSSÃO**

Os resultados desta revisão sistemática com meta-análise indicam que indivíduos com dor DPF apresentam diferenças biomecânicas e funcionais nas articulações distais comparado a pessoas sem DPF. As principais diferenças observadas incluem um maior grau de eversão do retropé e uma maior queda do navicular. Não foram encontradas diferenças na amplitude de movimento, no índice de postura do pé e na distribuição de pressão plantar.

A meta-análise revelou um maior grau de eversão do retropé no grupo com DPF, achado que se manteve na análise de subgrupos composta exclusivamente por mulheres, além de uma maior queda do navicular no grupo com DPF. O aumento da eversão do retropé pode estar associado à instabilidade do arco plantar e a um aumento da pronação, levando a um desalinhamento da cadeia cinética do membro inferior. Esse padrão biomecânico pode induzir rotação interna da tíbia e do fêmur, favorecendo o desenvolvimento de valgo dinâmico do joelho — mecanismo potencialmente envolvido na gênese e perpetuação da dor patelofemoral. Esses achados estão alinhados com estudos anteriores que sugerem que um aumento da eversão do retropé pode alterar a cinemática do joelho, favorecendo o desenvolvimento de padrões de valgo dinâmico do joelho (Barton et al., 2010; Luza et al., 2020). Esse movimento em cadeia pode aumentar o estresse na articulação patelofemoral, reforçando a hipótese de que alterações estruturais no arco plantar estão diretamente relacionadas às alterações cinemáticas observadas em indivíduos com dor patelofemoral (Tiberio, 1987; Powers et al., 2002; Barton et al., 2011).

Embora a relação entre pronação aumentada e DPF seja reconhecida, poucos estudos investigaram diferenças nos músculos responsáveis pelo controle da eversão em indivíduos com DPF. Um estudo recente observou que mulheres com DPF apresentam maior espessura do músculo fibular em comparação a controles assintomáticos (Rodrigues et al., 2020). Essa hipertrofia pode ser uma adaptação compensatória ao aumento da demanda para controlar a pronação excessiva do pé. No entanto, a funcionalidade dessa adaptação ainda não está clara, e mais pesquisas são necessárias para compreender se essas alterações morfológicas resultam em diferenças na ativação muscular ou na capacidade funcional dos músculos eversores em indivíduos com DPF.

A amplitude de movimento (ADM) de dorsiflexão do tornozelo foi avaliada em sete estudos, e a meta-análise não encontrou diferenças significativas entre os grupos. Uma revisão sistemática com meta-análise demonstrou associação moderada entre limitação da dorsiflexão e aumento do valgo dinâmico do joelho — movimento que eleva o estresse na articulação patelofemoral (Lima et al., 2018). Isto ocorreria por contribuir para padrões compensatórios de movimento, como maior eversão do retropé, rotação interna da tíbia e adução do quadril durante a marcha e atividades funcionais. Esses padrões, por sua vez, aumentam o vetor lateral de força sobre a patela, favorecendo a sobrecarga femoropatelar (Dill et al., 2014; Macrum et al., 2012). Nossos achados podem ser explicados por diversos fatores, como a heterogeneidade metodológica entre os estudos incluídos, diferenças nas amostras avaliadas ou pelo fato de que a DPF é uma condição multifatorial, na qual a dorsiflexão limitada pode não se manifestar de forma consistente em todos os indivíduos. Assim, é possível que a dorsiflexão restrita atue como um fator contribuinte apenas em subgrupos específicos de pacientes com DPF, o que pode ter sido diluído na análise agrupada da presente revisão.

Em relação à pressão plantar, a revisão não indicou padrões alterados na distribuição das cargas, particularmente nas regiões do antepé e retropé, embora com alta heterogeneidade. A meta-análise não identificou diferenças significativas na distribuição da pressão plantar entre os grupos com e sem dor patelofemoral. Esse achado sugere que, embora se hipotetize que indivíduos com DPF adotem estratégias compensatórias de descarga de peso para minimizar a dor, tais alterações podem não ser suficientemente consistentes ou detectáveis pelas ferramentas de medição utilizadas nos estudos analisados. Ainda, essa discrepância pode ser atribuída à variabilidade interindividual nas estratégias de movimento e à sensibilidade limitada dos instrumentos de medição para detectar mudanças sutis na distribuição da pressão plantar. Portanto, é possível que a distribuição da pressão plantar não seja um marcador confiável para distinguir indivíduos com DPF, ressaltando a necessidade de abordagens multifatoriais na avaliação e tratamento dessa condição. Estudos anteriores apontam que diferenças na pressão plantar podem ser resultado de ajustes biomecânicos secundários a um padrão de marcha alterado, visando minimizar a dor no joelho (Aliberti et al., 2011).

Quanto à qualidade metodológica dos estudos incluídos, observamos que 80% deles foi classificado com alta qualidade metodológica. No entanto, as principais limitações nas avaliações envolveram o cegamento dos avaliadores e no ajuste de fatores de confusão. Ainda, a presente meta-análise também revelou uma heterogeneidade elevada nos resultados. Essa variação pode ser atribuída a diferenças metodológicas entre os estudos, como a diversidade de tarefas analisadas, equipamentos utilizados e características da amostra. Um aspecto importante foi a impossibilidade de realizar meta-análise para medidas de força muscular. Chama a atenção este fato, visto que a força muscular é um dos desfechos clínicos mais abordados e estudados na DPF, tanto em músculos do quadril (Xie et al., 2023), quanto no joelho (Alsaleh et al., 2021), mas que parece não ser medida sistematicamente em músculos de tornozelo e pé. Por fim, corroborando com a meta-análise prévia (Rodrigues et al. 2022), não foi possível realizar meta-análise envolvendo desfechos neuromusculares, como ativação e estrutura. Desta forma, sugere-se que sejam incluídas medidas de força e análise neuromusculares destes músculos para melhor entender possíveis mecanismos que expliquem os resultados encontrados na presente meta-análise.

Do ponto de vista clínico, esses achados ressaltam a importância de uma avaliação abrangente dos pacientes com DPF, considerando não apenas fatores proximais, mas também aspectos distais da cadeia cinética. Intervenções que visam corrigir padrões de eversão excessiva e estabilizar o arco plantar podem ser estratégias úteis na reabilitação desses indivíduos. Melhorar a estabilidade do arco plantar é fundamental para a saúde dos pés e pode ser alcançado por meio de exercícios específicos que fortalecem os músculos intrínsecos do pé (Choi et al., 2022; Mulligan e Cook, 2013; Lee et al., 2022). Por fim, estudos recentes indicam que programas de treinamento que combinaram

fortalecimento e ganho de mobilidade de músculos distais apresentaram resultados positivos na melhora da dor e funcionalidade em pacientes com DPF (Pompeo et al., 2022).

## **CONCLUSÃO**

Os resultados desta revisão sistemática e meta-análise evidenciam diferenças biomecânicas e funcionais nas articulações distais entre indivíduos com e sem dor patelofemoral (DPF), especificamente na maior eversão do retropé e maior queda do navicular. Não foram encontradas diferenças na amplitude de movimento de dorsiflexão, índice de postura do pé e pressão plantar entre os grupos. Desta forma, apesar da alta heterogeneidade encontrada, os resultados apontam para a necessidade de mais estudos que busquem identificar se estas modificações são causa ou consequência da DPF, quais os mecanismos e explorem intervenções específicas para as articulações distais na reabilitação da DPF, visando estratégias terapêuticas mais integradas e eficazes.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO E DO MESTRADO

Este estudo buscou responder quais diferenças mecânicas e funcionais em articulações de tornozelo e pé existiam em pessoas com e sem dor patelofemoral. Conforme abordado, esta condição tem uma prevalência em torno de 25%, afetando principalmente mulheres fisicamente ativas. Embora seja uma condição de caráter multifatorial, amplamente estudada, diversas lacunas ainda estão presentes na identificação de fatores que possam contribuir para a condição. Neste cenário, a grande quantidade de estudos investigando aspectos mecânicos, funcionais e neuromusculares de articulações de tronco, quadril e joelho contrastavam fortemente com as investigações sobre estes mesmos parâmetros em articulações de tornozelo e pé, apesar das evidências apontarem para uma participação importante de modificações mecânicas nestas articulações.

Dos objetivos estabelecidos, conseguimos realizar a meta-análise somente para o grau de eversão do retropé, amplitude de movimento de dorsiflexão, pressão plantar, queda do navicular e índice de postura do pé. Medidas de força ou de parâmetros neuromusculares não foi possível realizar por ausência de estudos. Observamos sim que pessoas com dor patelofemoral apresentam maior grau de eversão do retropé e maior queda do navicular do que pessoas sem dor patelofemoral. Embora não possamos indicar causalidade, este estudo reforça a necessidade de uma abordagem multifatorial no tratamento da DPF, incluindo avaliações e intervenções que contemplem não apenas as estruturas proximais, como o quadril e o joelho, mas também as articulações distais, como o tornozelo e o pé. A escassez de estudos que investiguem de forma aprofundada os parâmetros distais destaca a relevância de pesquisas futuras que explorem essas relações com maior detalhamento.

Construir essa dissertação foi também construir um caminho de amadurecimento acadêmico e pessoal. Quando entrei no mestrado, carregava muitas dúvidas, mas também uma grande vontade de entender melhor como a biomecânica pode ajudar a explicar, prevenir e tratar dores que limitam o movimento e afetam a qualidade de vida de tantas pessoas. Ao longo dessa trajetória, mergulhar na dor patelofemoral me mostrou não apenas o quanto já se sabe, mas, principalmente, o quanto ainda precisamos investigar especialmente quando falamos das articulações distais, como o pé e o tornozelo. Foi desafiador lidar com lacunas metodológicas, limitações dos estudos e a complexidade da própria condição, mas também gratificante perceber que essa pesquisa, mesmo com suas limitações, pode somar à construção de um olhar mais completo e integrativo sobre a DPF. Mais do que um trabalho acadêmico, essa dissertação representa uma fase intensa de aprendizado, persistência e descobertas que, com certeza, vou levar comigo para os próximos passos da minha caminhada profissional e científica. Concluir este trabalho é, sem dúvida, um marco significativo da minha trajetória até aqui.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIBERTI, S. et al. Influence of patellofemoral pain syndrome on plantar pressure in the foot rollover process during gait. *Clinics (Sao Paulo)*, v. 66, n. 3, p. 367-372, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322011000300001>.

ALIBERTI, S. et al. Medial contact and smaller plantar loads characterize individuals with Patellofemoral Pain Syndrome during stair descent. *Physical Therapy in Sport*, v. 11, n. 1, p. 30-34, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2009.11.001>.

BAELLOW, A. et al. Intrinsic foot muscle size and quality in a single leg weight bearing position across foot posture types in individuals with Patellofemoral Pain compared to healthy. *Physical Therapy in Sport*, v. 54, p. 58-64, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2022.01.002>.

BARTON, C. J. et al. Walking kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome: a case-control study. *Gait & Posture*, v. 33, n. 2, p. 286-291, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.11.022>.

BARTON, C. J. et al. Foot and ankle characteristics in patellofemoral pain syndrome: a case control and reliability study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, v. 40, n. 5, p. 286-296, 2010. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3227>.

BARTON, C. J. et al. The efficacy of foot orthoses in the treatment of individuals with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Sports Medicine*, v. 40, p. 377–395, 2010.

BELLCHAMBER, T. L.; VAN DEN BOGERT, A. J. Contributions of proximal and distal moments to axial tibial rotation during walking and running. *Journal of Biomechanics*, v. 33, p. 1397–1403, 2000.

BITTENCOURT, N. F. et al. Foot and hip contributions to high frontal plane knee projection angle in athletes: a classification and regression tree approach. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 42, p. 996–1004, 2012. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4041>.

BOLGLA, L. A.; EARTH, B. J. Evaluation of Movement Impairment Syndromes of the Lower Extremity: A Case Example. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, v. 38, n. 9, p. 551-564, 2008.

BOLGLA, L. A. et al. Comparison of the frontal plane projection angle and the dynamic valgus index to identify movement dysfunction in females with patellofemoral pain. *International Journal of Sports Physical Therapy*, v. 18, n. 3, p. 619–625, 2023. <https://doi.org/10.26603/001c.74269>.

BOLGLA, L. A. et al. Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 38, p. 12–18, 2008.

BOLING, M. C. et al. A prospective investigation of biomechanical risk factors for patellofemoral pain syndrome: the JUMP-ACL cohort. *American Journal of Sports Medicine*, v. 37, n. 11, p. 2108–2116, 2009.

BOLING, M. et al. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, v. 20, p. 725–730, 2010.

- BONACCI, J. et al. Retreinamento de marcha versus órteses de pé para dor femoropatelar: um ensaio clínico piloto randomizado. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 21, p. 457–461, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.187>.
- BRAMAH, C. et al. Is There a Pathological Gait Associated With Common Soft Tissue Running Injuries? *American Journal of Sports Medicine*, v. 46, n. 12, p. 3023-3031, 2018. <https://doi.org/10.1177/0363546518793657>.
- CALLAGHAN, M. J.; BALZOPoulos, V. Gait analysis in patients with anterior knee pain. *Clinical Biomechanics*, v. 9, n. 2, p. 79-84, 1994. [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(94\)90028-0](https://doi.org/10.1016/0268-0033(94)90028-0).
- CASHMAN, G. The mechanics of running and injury risk among military recruits. *Sports Medicine*, v. 42, n. 10, p. 815-828, 2012.
- CASHMAN, G. E. The effect of weak hip abductors or external rotators on knee valgus kinematics in healthy subjects: a systematic review. *Journal of Sport Rehabilitation*, v. 21, n. 3, p. 273–284, 2012.
- CALLAGHAN, M. J.; BALZOPoulos, V. Gait analysis in patients with anterior knee pain. *Clinical Biomechanics*, v. 9, n. 2, p. 79-84, 1994. [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(94\)90028-0](https://doi.org/10.1016/0268-0033(94)90028-0).
- CURCIO DOS REIS, A. et al. Kinematic analysis of ankle-foot complex mobility during weight acceptance functional tests in patellofemoral pain women. *Gait & Posture*, v. 49, p. 74-75, 2016.
- COLLADO, H.; FREDERICSON, M. Patellofemoral pain syndrome. *Clinics in Sports Medicine*, v. 29, n. 3, p. 379–398, 2010.
- CONLAN, T.; GARTH, W. P. JR.; LEMONS, J. E. Evaluation of the medial soft tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *Journal of Bone and Joint Surgery – American Volume*, v. 75, n. 5, p. 682–693, 2012.
- CRONSTRÖM, A. et al. Gender differences in knee abduction during weightbearing activities: a systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*, v. 49, p. 315–328, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.07.107>.
- CROSSLEY, K. M. et al. 2016 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 1: terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures. *British Journal of Sports Medicine*, v. 50, p. 839–843, 2016. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096384>.
- CURCIO DOS REIS, A. et al. Kinematic analysis of ankle-foot complex mobility during weight acceptance functional tests in patellofemoral pain women. *Gait & Posture*, v. 49, p. 74-75, 2016.
- DAG, F. et al. Alterations in energy consumption and plantar pressure distribution during walking in young adults with patellofemoral pain syndrome. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, v. 53, n. 1, p. 50-55, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aott.2018.10.006>.
- DE MOURA CAMPOS CARVALHO E SILVA, A. P. et al. Comparison of isometric ankle strength between females with and without patellofemoral pain syndrome. *International Journal of Sports Physical Therapy*, v. 9, n. 5, p. 628-634, 2014.

DE OLIVEIRA SILVA, D. et al. Proximal mechanics during stair ascent are more discriminate of females with patellofemoral pain than distal mechanics. *Clinical Biomechanics*, v. 35, p. 56-61, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.04.009>.

DE OLIVEIRA SILVA, D. et al. Contribution of altered hip, knee and foot kinematics to dynamic postural impairments in females with patellofemoral pain during stair ascent. *The Knee*, v. 23, n. 3, p. 376-381, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2016.01.014>.

DINGENEN, B. et al. Two-dimensional video analysis can discriminate differences in running kinematics between recreational runners with and without running-related knee injury. *Physical Therapy in Sport*, v. 38, p. 184-191, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.05.008>.

DUFFEY, M. J. et al. Etiologic factors associated with anterior knee pain in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 32, n. 11, p. 1825-1832, 2000. <https://doi.org/10.1097/00005768-200011000-00003>.

DAG, F. et al. Alterations in energy consumption and plantar pressure distribution during walking in young adults with patellofemoral pain syndrome. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, v. 53, n. 1, p. 50-55, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aott.2018.10.006>.

DE MOURA CAMPOS CARVALHO E SILVA, A. P. et al. Comparison of isometric ankle strength between females with and without patellofemoral pain syndrome. *International Journal of Sports Physical Therapy*, v. 9, n. 5, p. 628-634, 2014.

DE OLIVEIRA SILVA, D. et al. Proximal mechanics during stair ascent are more discriminate of females with patellofemoral pain than distal mechanics. *Clinical Biomechanics*, v. 35, p. 56-61, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.04.009>.

DE OLIVEIRA SILVA, D. et al. Kinesiophobia, but not strength, is associated with altered movement in women with patellofemoral pain. *Gait & Posture*, v. 68, p. 1-5, 2019.

DE OLIVEIRA SILVA, D. et al. Contribution of altered hip, knee and foot kinematics to dynamic postural impairments in females with patellofemoral pain during stair ascent. *The Knee*, v. 23, n. 3, p. 376-381, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2016.01.014>.

DIERKS, T. A. et al. Lower extremity kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 43, n. 4, p. 693-700, 2011. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f744f5>.

DIERKS, T. A. et al. Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, v. 38, n. 8, p. 448-456, 2008.

DINGENEN, B. et al. Two-dimensional video analysis can discriminate differences in running kinematics between recreational runners with and without running-related knee injury. *Physical Therapy in Sport*, v. 38, p. 184-191, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.05.008>.

DUFFEY, M. J. et al. Etiologic factors associated with anterior knee pain in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 32, n. 11, p. 1825-1832, 2000. <https://doi.org/10.1097/00005768-200011000-00003>.

- DILL, K. E. et al. Altered knee and ankle kinematics during squatting in those with limited weightbearing-lunge ankle-dorsiflexion range of motion. *Journal of Athletic Training*, v. 49, n. 6, p. 723–732, 2014.
- DIX, J. et al. The relationship between hip muscle strength and dynamic knee valgus in asymptomatic females: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, v. 37, p. 197–209, 2019.
- ESCULIER, J. F. et al. Effects of rehabilitation approaches for runners with patellofemoral pain: protocol of a randomised clinical trial addressing specific underlying mechanisms. *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 17, p. 5, 2016. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0859-9>.
- ESCULIER, J. F. et al. A contemporary approach to patellofemoral pain in runners. *Journal of Athletic Training*, v. 55, p. 1206–1214, 2020. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0535.19>.
- GAITONDE, D. Y.; ERICKSEN, A.; ROBBINS, R. C. Patellofemoral pain syndrome. *American Family Physician*, v. 99, n. 2, p. 88–94, 2019.
- GEISER, C. F.; O'CONNOR, K. M.; EARL, J. E. Effects of isolated hip abductor fatigue on frontal plane knee mechanics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 42, n. 3, p. 535–545, 2010.
- GILES, L. S. et al. Does quadriceps atrophy exist in individuals with patellofemoral pain? A systematic literature review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 43, n. 11, p. 766–776, 2013.
- GOODFELLOW, J.; HUNGERFORD, D. S.; ZINDEL, M. Patello-femoral joint mechanics and pathology. 1. Functional anatomy of the patello-femoral joint. *Journal of Bone and Joint Surgery – British Volume*, v. 58, n. 3, p. 287–290, 1976.
- GULATI, A. et al. Current clinical, radiological and treatment perspectives of patellofemoral pain syndrome. *British Journal of Radiology*, v. 91, n. 1086, p. 20170456, 2018.
- HASSAN, K. A. et al. Altered foot kinematics in individuals with patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*, v. 94, p. 73–83, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.12.019>.
- HASSAN, K. A. et al. Characteristics of the foot in individuals with patellofemoral pain: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, v. 51, n. 6, p. 270–282, 2021. <https://doi.org/10.2519/jospt.2021.10055>.
- HEIDERSCHEIT, B. C. et al. Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 43, n. 2, p. 296–302, 2011. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ebedf4>.
- HODGES, P. W.; RICHARDSON, C. A. Altered trunk muscle recruitment in people with patellofemoral pain. *British Journal of Sports Medicine*, v. 43, n. 8, p. 584–588, 2009. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.054965>.
- HEWETT, T. E. et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, v. 33, n. 4, p. 492–501, 2005. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>.

HUNGERFORD, D. S.; BARRY, M. Biomechanics of the patellofemoral joint. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, n. 144, p. 9–15, 1979.

KANNUS, P.; JÄRVINEN, M. Nonoperative treatment of acute knee ligament injuries. *American Journal of Sports Medicine*, v. 17, n. 1, p. 83-88, 1989. <https://doi.org/10.1177/036354658901700114>.

LANKHORST, N. E.; BIERMA-ZEINSTRAS, S. M.; VAN MIDDELKOOP, M. Factors associated with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, v. 47, n. 4, p. 193–206, 2013.

LANKHORST, N. E.; BIERMA-ZEINSTRAS, S. M.; VAN MIDDELKOOP, M. Risk factors for patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 42, p. 81–94, 2012. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3803>.

LEE, J. H. et al. Prospective comparative study between knee alignment-oriented static and dynamic balance exercise in patellofemoral pain syndrome patients with dynamic knee valgus. *Medicine (Baltimore)*, v. 101, n. 37, p. e30631, 2022. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000030631>.

LEVINGER, P.; GILLEARD, W. Tibia and rearfoot motion and ground reaction forces in subjects with patellofemoral pain syndrome during walking. *Gait & Posture*, v. 25, n. 1, p. 2–8, 2007.

LIMA, Y. L. et al. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, v. 29, p. 61–69, 2018.

LIMA, Y. L. et al. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, v. 29, p. 61–69, 2018.

LUZA, L. P.; LUZA, M.; SANTOS, G. M. Patellofemoral pain syndrome modifies the movement of the rearfoot, but it does not alter plantar pressure distribution. *Revista Brasileira de Ortopedia*, v. 55, n. 4, p. 419–425, 2020. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1698802>.

MACLACHLAN, L. R. et al. The psychological features of patellofemoral pain: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, v. 51, n. 9, p. 732–742, 2017.

MACRUM, E. et al. Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle activation patterns during a squat. *Journal of Sport Rehabilitation*, v. 21, n. 2, p. 144–150, 2012.

MUNRO, A.; HERRINGTON, L.; CAROLAN, M. Reliability of 2-dimensional video assessment of frontal-plane dynamic knee valgus during common athletic screening tasks. *Journal of Sport Rehabilitation*, v. 21, n. 1, p. 7–11, 2012.

MILLETT, C. J. et al. Altered foot posture in individuals with patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Foot and Ankle Research*, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2018. <https://doi.org/10.1186/s13047-018-0250-3>.

MILNER, C. E. et al. Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 38, n. 2, p. 323-328, 2006. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000183477.75808.92>.

- MURLEY, G. S. et al. Do foot posture and footwear affect the knee kinematics in runners with patellofemoral pain? *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 18, n. 1, p. 28-33, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.12.004>.
- NEAL, B. S. et al. Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: a systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*, v. 45, p. 69–82, 2016.
- NARVAEZ, J. et al. Foot posture and core stability in individuals with patellofemoral pain. *Gait & Posture*, v. 87, p. 1-6, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.04.011>.
- NEAL, B. S. et al. The foot orthoses versus hip exercise for patellofemoral pain (FOHX) trial: A randomized clinical trial. *British Journal of Sports Medicine*, v. 55, n. 17, p. 947-954, 2021. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102514>.
- NOEHREN, B. et al. Prospective study of the biomechanical factors associated with iliotibial band syndrome. *Clinical Biomechanics*, v. 22, n. 9, p. 951-956, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.07.001>.
- NUNES, G. S. et al. Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, v. 14, n. 1, p. 54–59, 2013.
- PANAGIOTOPOULOS, E. et al. Cadaveric study on static medial patellar stabilizers: the dynamizing role of the vastus medialis obliquus on medial patellofemoral ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v. 14, n. 1, p. 7–12, 2006.
- PETERSEN, W. et al. Patellofemoral pain syndrome. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v. 22, n. 10, p. 2264–2274, 2014. <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2759-6>.
- PETERSON, W.; STUBER, K. Characteristics of patellofemoral pain in female athletes: A systematic review. *Journal of Sports Rehabilitation*, v. 24, n. 4, p. 296-306, 2015. <https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0127>.
- PETERSEN, W.; REMBITZKI, I.; LIEBAU, C. Patellofemoral pain in athletes. *Open Access Journal of Sports Medicine*, v. 8, p. 143–154, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S133406>.
- PIVA, S. R. et al. Predictors of pain and function outcome after rehabilitation in patients with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Rehabilitation Medicine*, v. 41, n. 8, p. 604–612, jul. 2009.
- POMPEO, K. D. et al. Can we replace exercises targeted on core/hip muscles by exercises targeted on leg/foot muscles in women with patellofemoral pain? A randomized controlled trial. *Physical Therapy in Sport*, v. 58, p. 1–7, nov. 2022.
- POWERS, C. M. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 33, n. 11, p. 639–646, 2003.
- POWERS, C. M. et al. Patellofemoral pain: proximal, distal, and local factors, 2nd International Research Retreat. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 42, n. 6, p. A1–A54, jun. 2012.

- POWERS, C. M. et al. Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: Part 3. *British Journal of Sports Medicine*, v. 51, n. 24, p. 1713–1723, dez. 2017.
- PRINS, M. R.; VAN DER WURFF, P. Females with patellofemoral pain syndrome have weak hip muscles: a systematic review. *Australian Journal of Physiotherapy*, v. 55, n. 1, p. 9–15, 2009.
- RATHLEFF, M. S. et al. High-load strength training improves outcome in patients with patellofemoral pain: A randomized controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, v. 48, n. 14, p. 988-994, 2014. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092536>.
- RATHLEFF, M. S. et al. Lower mechanical pressure pain thresholds in female adolescents with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 43, n. 6, p. 414–421, 2013.
- RABIN, A.; PORTNOY, S.; KOZOL, Z. The association between visual assessment of quality of movement and three-dimensional analysis of pelvis, hip, and knee kinematics during a lateral step down test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 30, n. 11, p. 3204–3211, 2016.
- RAUH, M. J. et al. Quadriceps angle and risk of injury among high school cross-country runners. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 37, n. 12, p. 725–733, 2007.
- RODRIGUES, R. et al. Proximal and distal muscle thickness is different in women with patellofemoral pain but is not associated with knee frontal plane projection angle. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, v. 25, p. 205–211, jan. 2021.
- ROUSH, J. R.; CURTIS BAY, R. Prevalence of anterior knee pain in 18–35-year-old females. *International Journal of Sports Physical Therapy*, v. 7, n. 4, p. 396–401, 2012.
- SABINA, S. et al. A postural program to reduce dynamic knee valgus during single-limb squatting in young athletes: a preliminary study. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 62, n. 12, p. 1693–1701, dez. 2022.
- SANTOS, T. R. T. et al. Alterations in foot posture and function in patellofemoral pain: A case-control study. *Gait & Posture*, v. 47, p. 64-68, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.04.004>.
- SILVA, D. D. O. et al. Females with patellofemoral pain have greater ankle and foot kinematics during the forward step-down test. *Gait & Posture*, v. 62, p. 408-412, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.04.023>.
- SOUZA, R. B.; POWERS, C. M. Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, v. 39, n. 1, p. 12-19, 2009. <https://doi.org/10.2519/jospt.2009.2885>.
- STEFANYSHYN, D. J. et al. Knee angular impulse as a predictor of patellofemoral pain in runners. *American Journal of Sports Medicine*, v. 34, n. 11, p. 1844–1851, 2006.
- STIFFLER, M. R. et al. Range of motion, postural alignment, and LESS score differences of those with and without excessive medial knee displacement. *Clinical Journal of Sport Medicine*, v. 25, n. 1, p. 61–66, 2015.

TATE, J. J. et al. Evidence of altered hip kinematics in females with patellofemoral pain syndrome. *Clinical Biomechanics*, v. 22, n. 6, p. 543-549, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.01.005>.

THOMEE, R.; AUGUSTSSON, J.; KARLSSON, J. Patellofemoral pain syndrome: a review of current issues. *Sports Medicine*, v. 28, n. 4, p. 245–262, 1999.

UTTING, M. R.; DAVIES, G.; NEWMAN, J. H. Is anterior knee pain a predisposing factor to patellofemoral osteoarthritis? *The Knee*, v. 12, n. 5, p. 362–365, 2005.

VASCONCELOS, D. P. et al. Assessment of dynamic knee valgus between lateral step-down test and running in female runners with and without patellofemoral pain using two-dimensional video analysis. *Clinics and Practice*, v. 12, n. 3, p. 425–435, 2022.

WAITEMAN, M. C. et al. Women with patellofemoral pain and knee crepitus have reduced knee flexion angle during stair ascent. *Physical Therapy in Sport*, v. 48, p. 60–66, mar. 2021.

WILLY, R. W. et al. Patellofemoral pain. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 49, n. 9, p. CPG1–CPG95, set. 2019.

WITVROUW, E. et al. Patellofemoral pain: consensus statement from the 3rd International Patellofemoral Pain Research Retreat held in Vancouver, September 2013. *British Journal of Sports Medicine*, v. 48, n. 6, p. 411–414, 2014.

WILLSON, J. D. et al. Gender differences in gluteus medius muscle activity during running. *Clinical Biomechanics*, v. 23, n. 10, p. 1134-1141, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2008.04.011>.

WILLSON, J. D.; DAVIS, I. S. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. *Clinical Biomechanics*, v. 24, n. 5, p. 366-373, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.01.010>.