

Gabriel de Souza Lobato Queiroz

**RELAÇÃO ENTRE ALTERAÇÕES MUSCULOESQUELÉTICAS DO COMPLEXO
TORNOZELO E PÉ E A OCORRÊNCIA DA SÍNDROME DA DOR
PATELOFEMORAL: uma revisão da literatura**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2019

Gabriel de Souza Lobato Queiroz

**RELAÇÃO ENTRE ALTERAÇÕES MUSCULOESQUELÉTICAS DO COMPLEXO
TORNOZELO E PÉ E A OCORRÊNCIA DA SÍNDROME DA DOR
PATELOFEMORAL: uma revisão da literatura**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia Ortopédica

Orientadora: Cecília Ferreira de Aquino (Ms)

Belo Horizonte

Belo Horizonte Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG 2019

2019

Q3r Queiroz, Gabriel de Souza Lobato

2019 Relação entre alterações musculoesqueléticas do complexo tornozelo e pé e a ocorrência da síndrome da dor patelofemoral: uma revisão da literatura. [manuscrito] / Gabriel de Souza Lobato Queiroz – 2019.

20 f.: il.

Orientadora: Cecília Ferreira de Aquino

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 19-20

1. Síndrome da dor patelofemoral. 2. Joelho - doenças. 3. Pronação. I. Aquino, Cecília Ferreira de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 615.8

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Sheila Margareth Teixeira, CRB 6: n° 2106, da

Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e acima de tudo, agradeço a Deus, por me conceder o privilégio de evoluir em minha profissão.

A minha família, em especial ao meu Pai, pelo amor, incentivo e apoio incondicional que sempre me motivaram a ser perseverante e acreditar.

A todos os professores da especialização pelo esforço a fim de tornar o curso cada vez mais enriquecedor e importante para a vida profissional.

A Universidade Federal de Minas Gerais por me proporcionar espaço e estrutura para concentrar em meus objetivos acadêmicos.

"O que queres que os homens façam por ti, faça igualmente por eles."

Jesus Cristo

RESUMO

A Síndrome da Dor Patelofemoral (SDPF) tem demandado preocupações e desafios para a Fisioterapia Ortopédica e Esportiva, devido à alta incidência e à variedade dos fatores de risco que envolvem essa condição patológica. As alterações biomecânicas provenientes do tornozelo e pé podem ser responsáveis por influenciar a mecânica do joelho, uma vez que, distúrbios estruturais nestes segmentos podem provocar o valgo dinâmico que contribui com o posicionamento inadequado da patela. O objetivo deste trabalho foi investigar as alterações musculoesqueléticas do complexo tornozelo e pé na ocorrência da SDPF. Trata-se de uma revisão bibliográfica, realizada a partir de buscas nas bases de dados Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e Medline (via PubMed). Foram encontrados nas bases de dados consultadas 7 artigos que versavam sobre a relação entre as alterações musculoesqueléticas do complexo tornozelo-pé e a ocorrência da SDPF. Os músculos flexores plantares juntamente com os intarsosseos do pé contribuem para o bom posicionamento articular e alinhamento do tornozelo e pé. Alterações provenientes destes segmentos podem alterar o posicionamento ósseo e contribuir para a queda do navicular. Assim, uma disfunção desses músculos como, encurtamento e/ou fraqueza, pode ocasionar a pronação excessiva da articulação subtalar, que pode predispor a rotação medial associada da tibia. A alteração rotacional da tibia também contribui para o posicionamento inadequado da patela, com consequente aumento das forças compressivas na articulação femoropatelar. Os programas de intervenção devem ser direcionados para correção das alterações relacionadas com a SDPF devido a variedade de fatores modificáveis na ocorrência dessa condição patológica.

Palavras-chave: Síndrome patelar. Dor anterior do joelho. Queda do navicular. Pronação do pé. Flexores plantares do tornozelo.

ABSTRACT

Patellofemoral Pain Syndrome has demanded concerns and challenges for Orthopedic and Sports Physical Therapy because of the high incidence and diversity risk factors that involve this pathological condition. Ankle and foot biomechanical changes may be responsible for influencing knee mechanics. Structural disorders in these segments can cause dynamic valgus that contributes to the inadequate positioning of the patella. The objective of this work was to investigate musculoskeletal alterations of the ankle and foot complex in the occurrence of PFPS. This is a bibliographical review, carried out based on searches in the electronic databases of Physiotherapeutic Evidence (PEDro) and Medline (via PubMed). Seven articles on the relationship between musculoskeletal changes of the ankle-foot complex and the occurrence of PFPS were found in the databases consulted. The ankle plantarflexor muscles together with the foot interosseus contribute to good joint positioning and alignment of the ankle and foot. Alterations provided in these segments can alter bone positioning and contribute to the navicular drop. Thus a disorder of these muscles such as shortening and / or weakness, may result in excessive pronation of the subtalar joint, which may predispose the medial rotation of the tibia. Rotational shifting of the tibia also contributes to the inadequate positioning of the patella, with consequent increase of the abnormal compressive forces in patellofemoral joint. Intervention programs should be directed at correcting SDPF related changes due to the variety of modifiable factors in the occurrence of this pathological condition.

Keywords: Patellar syndrome. Anterior knee pain. Navicular drop. Foot pronation. Flexors of the ankle.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Síndrome da Dor Patelofemoral (SDPF)

Amplitude de movimento (ADM)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAIS E MÉTODO	11
2.1 Fluxograma para busca dos artigos	12
3 RESULTADOS	13
3.1 Tabela de resultados	13
4 DISCUSSÃO	15
5 CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o número de pessoas que buscam a prática de exercício físico com o objetivo de melhora da qualidade de vida, tem aumentado de forma relevante (VAN GENTE, 2007). O exercício físico regular promove adaptações das estruturas e funções do corpo, devido à alta demanda de oxigênio aos tecidos e das funções musculoesqueléticas, promovendo uma melhor absorção de choque pelos tecidos moles adjacentes às articulações (NEAL, 2016). No entanto, a prática de quaisquer atividades físicas sem o devido acompanhamento aumenta o risco de lesão e a incidência destas lesões depende da relação entre a capacidade do sistema musculoesquelético de suportar o estresse aplicado e a demanda de estresse imposta sobre esse sistema (FONSECA *et al.*, 2007).

De acordo com o modelo de capacidade x demanda, a demanda pode ser entendida como a quantidade de estresse imposta a uma estrutura durante uma atividade como, impacto e a força de reação do solo. Já a capacidade é a habilidade de gerar, transferir e dissipar as forças depositadas ao sistema musculoesquelético, assim, controlando a sobrecarga exigida ao tecido e/ou estrutura (FONSECA *et al.*, 2007, BITTENCOURT, N. F. N. *et al.*, 2016).

Entre os complexos articulares mais lesionados durante atividades que envolvem descarga de peso no membro inferior em indivíduos jovens e adultos fisicamente ativos está o joelho, com uma prevalência de 79% do total das lesões (VAN GENT, 2007). A região anterior do joelho é apontada como local de maior sobrecarga (BARTON *et al.*, 2010, LANKHORST; BIERMA-ZEINSTRA; VAN MIDDELKOOP, 2012), sendo justificada pelas lesões retro-patelares nas regiões condrais e subcondrais da patela ou da tróclea do fêmur devido ao estresse mecânico articular excessivo (BARTON *et al.*, 2011). A elevada demanda imposta sobre esta estrutura pode levar ao aparecimento da Síndrome da Dor Patelofemoral (SDPF) (LANKHORST; BIERMA-ZEINSTRA; VAN MIDDELKOOP, 2012, BITTENCOURT, N. F. N. *et al.*, 2016), que é considerada uma condição comum na população em geral, podendo afetar homens e mulheres em um ou ambos joelhos. Geralmente, a SDPF surge ou agrava durante atividades físicas habituais como, subir e descer escadas, saltar, agachar ou permanecer sentado por tempo prolongado. Sua etiologia pode ser relacionada a vários fatores que levam ao mau alinhamento patelar (BOLING *et al.*, 2009, LANKHORST; BIERMA-ZEINSTRA; VAN MIDDELKOOP, 2012) como, a pronação excessiva da articulação subtalar, queda do navicular e diminuição da Amplitude de Movimento (ADM) do tornozelo pelo encurtamento dos flexores plantares (PIVA, 2005, BOLING *et al.*, 2009).

A SDPF tem demandado preocupações e desafios para a Fisioterapia Ortopédica e Esportiva, devido à alta incidência e à variedade dos fatores de risco que envolvem essa condição patológica. As alterações biomecânicas provenientes do tornozelo e pé podem ser responsáveis por influenciar a mecânica do joelho (LANKHORST; BIERMA-ZEINSTRA; VAN MIDDELKOOP, 2012, PIVA; GOODNITE; CHILDS, 2005, HALABCHI *et al.*, 2017, SCHACHT, 2014). Assim, desordens estruturais nestes segmentos podem provocar o valgo dinâmico que contribui com o posicionamento inadequado da patela com consequente aumento das forças compressivas anormais na articulação femoropatelar (MØLGAARD; RATHLEFF; SIMONSEN, 2011, HALABCHI *et al.*, 2017).

Em uma metanálise realizada por Neal *et al.* (2016), os autores observaram que alterações da estrutura do tornozelo-pé podem ser fatores causais da SDPF, como por exemplo a pronação excessiva da subtalar, queda do navicular e hipermobilidade do hálux. A redução da mobilidade para dorsiflexão pelo sistema muscular também deve ser avaliada, como no caso do encurtamento do tríceps sural (PIVA, 2005, BOLING *et al.*, 2009, RODRIGUES *et al.*, 2014, HALABCHI *et al.*, 2017).

Dentre a variedade dos estudos que abordam os fatores causais da SDPF é possível notar uma soberania dos trabalhos científicos que avaliam força da musculatura do quadril e suas alterações estruturais dinâmicas (SOUZA *et al.*, 2009, LANKHORST;BIERMA-ZEINSTRA;VAN MIDDELKOOP , 2012, CROSSLEY; CALLAGHAN; VAN LINSCHOTEN 2016). Além dessas causas já abordadas, este estudo pretende acrescentar uma visão a respeito das alterações teciduais relacionadas ao complexo tornozelo-pé e como estas alterações podem levar ao aparecimento da SDPF em indivíduos fisicamente ativos. (PIVA, 2005, RODRIGUES *et al.*, 2014, HALABCHI *et al.*, 2017, SALTICHEV *et al.*, 2018). Com base no exposto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão da literatura com o intuito de reunir e relacionar os estudos que tenham abordado a interdependência entre as alterações musculoesqueléticas do complexo tornozelo e pé e a ocorrência de síndrome da dor patelofemoral.

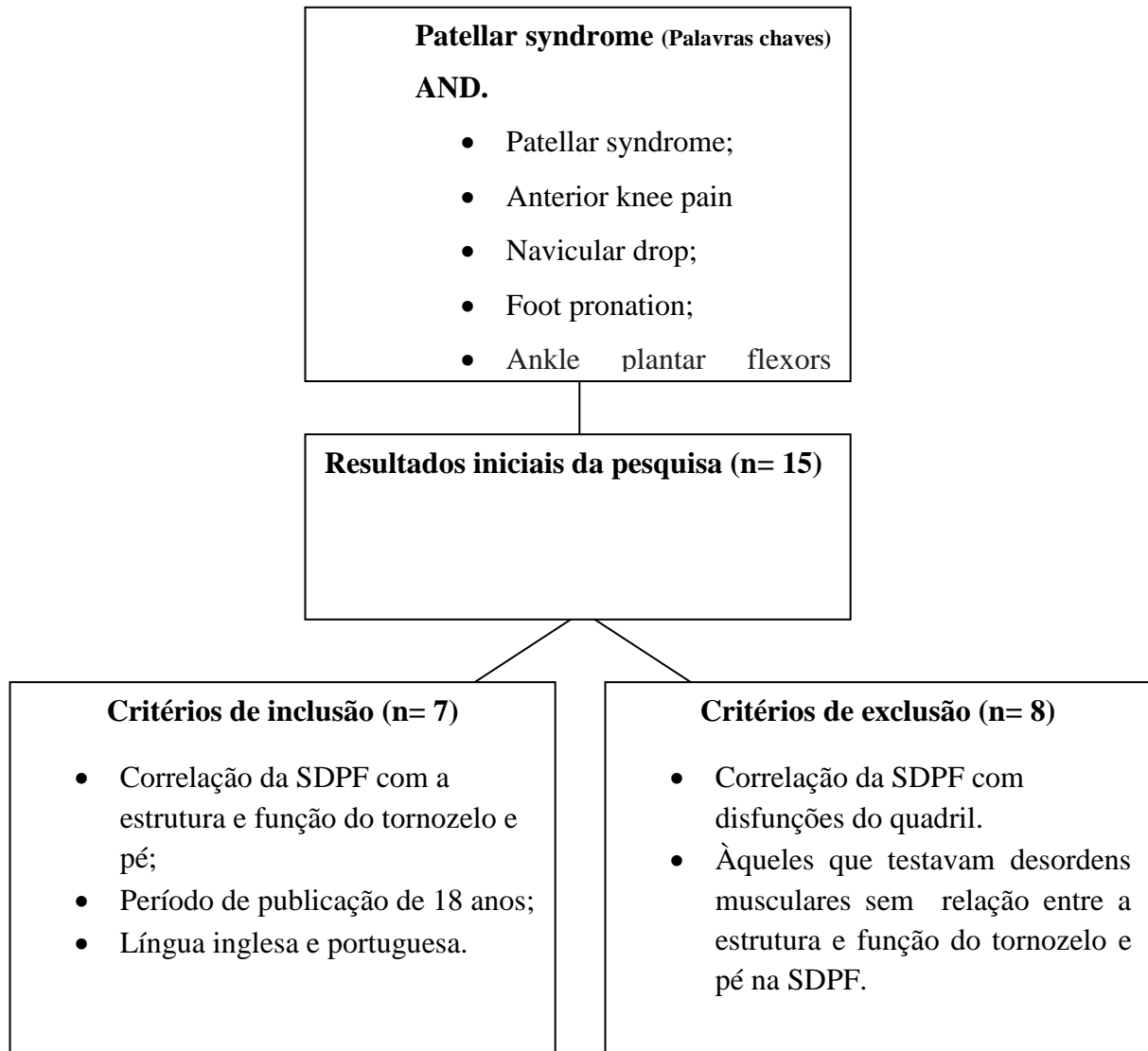
2 MATERIAIS E MÉTODO

Trata-se de uma revisão bibliográfica, realizada a partir de buscas nas bases de dados Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e Medline (via PubMed). A estratégia de busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias patellar syndrome; anterior knee pain; navicular drop; foot pronation; flexors plantar of the ankle.

Como critério de inclusão foram utilizados artigos em língua inglesa e portuguesa publicados entre 2001 e 2019. Em primeira análise, foram selecionados artigos que continham em seus títulos e/ou resumo as terminologias já pré determinadas, e em uma segunda análise estudos que pretendiam avaliar a relação entre o tornozelo e pé e a síndrome patelofemoral. Portanto, foram selecionados estudos do tipo descritivo, estudos exploratórios transversais, estudos de corte de caráter prognóstico e estudos de caso controle. Foram excluídos aqueles que tinham como objetivo avaliar a interferência direta das disfunções do quadril e da mensuração do ângulo Q, e, aqueles que testavam desordens musculares sem relação entre a estrutura e função do tornozelo e pé na SDPF, como, o déficit de força do quadril.

2.1 FLUXOGRAMA PARA BUSCA DOS ARTIGOS

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA PARA BUSCA DOS ARTIGOS



3 RESULTADOS

Foram encontrados nas bases de dados consultadas 7 artigos que versavam sobre a relação entre as alterações musculoesqueléticas do complexo tornozelo-pé e a ocorrência da SDPF, segundo os critérios de inclusão.

3.1 Tabela de resultados

Autor	Sujeitos	Características dos sujeitos	Tipo de estudo	Principais resultados
WILLIAMS; McCLAY; HAMILL., 2001	20 corredores de arco plantar alto (10 homens e 10 mulheres). 20 corredores de arco plantar baixo (12 mulheres e 8 homens). Idade entre 18 e 50 anos.	Atletas	Estudo de lesões não randomizadas com dois grupos.	Avaliou e observou diferenças nas lesões em indivíduos com arcos plantares baixos, evidenciou que essas alterações levam aumento do estresse na estrutura do joelho.
PIVA;GOODNITE; CHILDS., 2005	30 indivíduos, 17 mulheres e 13 homens. Idade entre 20 e 42 anos.	Não atletas	Caso controle	Alterações significativas na flexibilidade dos músculos flexores plantares em indivíduos com SDPF
BOLING <i>et al.</i> ,2009	1319 indivíduos aspirantes da marinha foram avaliados. (513 mulheres e 806 homens) 40 indivíduos (24 mulheres e 16 homens) desenvolveram SDPF durante o acompanhamento.	Não atletas	Estudo de corte (prognóstico)	Avaliou e observou que alterações como queda do navicular são fatores predisponentes para o aparecimento da SDPF.
BARTON, <i>et al.</i> 2011	26 indivíduos, 16 mulheres e 5 homens.	Não atletas	Caso controle	Avaliou e observou que alterações na postura do pé e

	Idade entre 18 e 35 anos.			a queda do navicular em relação ao calcâneo são fatores predisponentes para o aparecimento da SDPF.
MOLGAARD; RATHLEFF; SIMONSEN. 2011	299 indivíduos, mulheres e homens. Idade entre 16 e 18 anos.	Não atletas	Caso controle	Aborda a pronação excessiva do pé em indivíduos com SDPF
SCHACHT, 2014	19 indivíduos todas do sexo feminino	Não atletas	Observacional descritivo	Destaca que indivíduos com maior ADM de tornozelo absorveram melhor a carga durante aterrissagem.
RODRIGUES, <i>et al.</i> 2014	36 indivíduos, 19 saudáveis e 17 sintomáticos, (13 mulheres e 4 homens). Idade entre 29 e 35 anos.	Atletas	Observacional descritivo	Destaca clinicamente que a redução da amplitude de movimento e pronação do pé podem levar a SDPF.

4 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão da literatura sobre a interdependência entre as alterações musculoesqueléticas do complexo tornozelo e pé e a ocorrência da SDPF. Essa condição patológica, geralmente surge devido ao aumento da demanda de estresse na região anterior do joelho durante atividades habituais cotidianas como, subir e descer escadas, agachar, saltar e correr (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Os estudos incluídos nesta revisão encontraram uma relação entre as alterações do complexo tornozelo e pé e a ocorrência da SDPF, o que evidencia a importância de uma avaliação mais abrangente e não somente no local da queixa. De acordo com Schacht (2014), para se compreender a mecânica do joelho, é necessário que sejam feitas avaliações no membro inferior como um todo. Este autor, ainda descreve que o impacto biomecânico das alterações provenientes do tornozelo e do pé pode reduzir a capacidade de absorção de carga e favorecer o aumento da pronação excessiva da articulação subtalar durante as atividades de salto e corrida (SCHACHT, 2014, SOUZA *et al.*, 2009, RODRIGUES *et al.*, 2014).

Os músculos flexores plantares juntamente com os intêrósseos do pé contribuem para o bom posicionamento articular e alinhamento do tornozelo e pé. Alterações provenientes nestes segmentos podem alterar o posicionamento ósseo e contribuir para a queda do navicular e pronação da articulação subtalar (SOUZA *et al.*, 2009, CROSSLEY; CALLAGHAN; VAN LINSCHOTEN 2016). Assim, uma desordem desses músculos, como, encurtamento e/ou fraqueza, pode ocasionar a pronação excessiva da articulação subtalar, predispondo a rotação medial associada da tibia. A alteração rotacional da tibia favorece a rotação medial do fêmur, além de contribuir para o valgo dinâmico do joelho. O valgismo dinâmico também contribui para o posicionamento inadequado da patela, com consequente aumento das forças compressivas anormais na articulação femoropatelar, desencadeando a SDPF (SOUZA *et al.*, 2009 HALABCHI *et al.*, 2017, CROSSLEY; CALLAGHAN; VAN LINSCHOTEN 2016).

O estudo de Piva (2005) investigou indivíduos com SDPF e observou que os sintomáticos apresentaram diminuição da mobilidade de dorsiflexão do tornozelo se comparado a indivíduos assintomáticos. Halabchi (2017) expõe a relação entre a flexibilidade dos músculos flexores plantares do tornozelo com a dor anterior do joelho.

Resultados importantes foram encontrados no estudo de Schacht (2014), que investigou a amplitude de movimento (ADM) de dorsiflexão durante o salto e observou que

indivíduos com maior ADM de dorsiflexão aterrissaram melhor e tiveram melhor controle da carga pela flexão do joelho e quadril. Em contrapartida evidenciou que os indivíduos com menor ADM de dorsiflexão aterrissaram de uma forma mais rígida e com o membro inferior menos flexionado, o que implicaria em uma maior demanda das estruturas adjacentes para distribuir essa sobrecarga. Os indivíduos que apresentaram uma menor amplitude de dorsiflexão apresentavam a SDPF (SCHACHT, 2014).

Vale destacar que a diminuição da dorsiflexão do tornozelo pode favorecer o aumento da pronação do pé pela articulação subtalar, promovendo o aumento da rotação medial da tibia (RODRIGUES *et al.*, 2014, SCHACHT, 2014, PIVA, 2005). A mobilidade das estruturas do pé também deve ser levada em consideração, visto que a hipermobilidade do primeiro raio e a queda do navicular podem influenciar no aumento da pronação excessiva e rotação medial da tibia (HALABCHI *et al.*, 2017, SCHACHT, 2014, SOUZA *et al.*, 2009).

Molgaard (2011) investigou a prevalência da SDPF em estudantes do ensino médio e observou que indivíduos com SDPF apresentaram uma maior queda do navicular e uma menor dorsiflexão do tornozelo se comparado a indivíduos saudáveis. Resultados semelhantes aos de Barton et al (2011) observaram que indivíduos com SDPF apresentam alterações na posição estática como a queda do navicular durante a fase de apoio e afirmaram que tais alterações podem estar presentes durante atividades dinâmicas.

Outro fator de risco para o aparecimento da SDPF é a redução da produção de força causada pela musculatura intrínseca e extrínseca do pé, que são responsáveis por ajudar na absorção de carga na descarga de peso em cadeia fechada, como andar, descer escadas, correr e saltar, reduzindo assim, a sobrecarga no joelho pela absorção de impacto pelo pé (WILLIAMS 2001, HALABCHI *et al.*, 2017). Williams *et al.* (2001) avaliaram atletas corredores e observaram que o arco plantar é importante para diminuir a sobrecarga nas estruturas e tecidos moles adjacentes. Os autores concluíram que o arco plantar baixo leva a queda do navicular desencadeando a pronação excessiva da subtalar. Indivíduos com o arco plantar baixo acumularam mais lesões no joelho decorrentes do aumento do estresse medial e baixa capacidade no controle de carga pelo tornozelo-pé. (WILLIAMS 2001, SOUZA *et al.*, 2014, YAMAUCHI; KOYAMA, 2018). Boling *et al.* (2009) observaram indivíduos militares homens e mulheres ativos e os acompanharam por 2,5 anos, e verificaram que aqueles que desenvolveram a SDPF durante o período de observação apresentaram alterações nas

estruturas do tornozelo-pé sendo a queda do navicular o fator de maior relevância para o aparecimento da SDPF (BOLING 2009).

Rodrigues *et al.* (2014) investigaram a pronação excessiva induzida por meio da eversão do tornozelo-pé e o limiar neuromuscular. Inicialmente foram coletados dados da eversão do tornozelo na posição estática, e em seguida os participantes foram instruídos a correr em uma esteira. Foi observado que os corredores sintomáticos apresentaram menor tempo de resposta pelo limiar neuromuscular em comparação com o grupo controle. O menor tempo de resposta pode sugerir que a musculatura não está controlando a demanda imposta, podendo sobrecarregar estruturas adjacentes proximais, primariamente o joelho (RODRIGUES *et al.*, 2014). Portanto, desarranjos nas estruturas musculoesqueléticas do tornozelo-pé podem interferir na capacidade de gerar e dissipar força do membro inferior durante atividades cotidianas, o que poderia influenciar em uma maior demanda de estresse sobre as estruturas do membro inferior.

Embora existam evidências que comprovam a influência do complexo tornozelo-pé nas patologias do membro inferior, foram encontradas algumas limitações na elaboração desta revisão de literatura. Uma das limitações do presente estudo foi a baixa quantidade de estudos que buscaram avaliar somente a estrutura do tornozelo e pé na SPDF. Outro fator é que a maioria dos estudos encontrados avaliaram as alterações do tornozelo-pé de forma estática. Somente um estudo foi capaz de avaliar a pronação excessiva durante o movimento (RODRIGUES *et al.*, 2014). Portanto futuros estudos são necessários para avaliar o complexo do tornozelo e pé durante as atividades dinâmicas afim de mensurar e evidenciar a associação das disfunções do tornozelo e pé na ocorrência da SDPF.

Os programas de intervenção devem ser direcionados para correção das alterações musculoesqueléticas relacionadas com a SDPF devido a variedade de fatores modificáveis na ocorrência dessa condição patológica. A realização de novos estudos é necessária para avaliar e confirmar a relação das estruturas do tornozelo-pé durante as atividades dinâmicas em indivíduos com SDPF.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo descrever a relação entre as alterações musculoesqueléticas do tornozelo e pé no aparecimento da síndrome da dor patelofemoral. Foi possível concluir que as estruturas do tornozelo e pé influenciam diretamente no aumento de estresse do joelho e podem levar ao aparecimento da síndrome da dor patelofemoral, interferindo diretamente na funcionalidade do indivíduo durante as atividades de vida diária. Considerando a variedade de fatores que podem causar o aparecimento da SDPF, este estudo buscou elucidar novas abordagens, visto que nem sempre os fatores são provenientes do quadril e joelho somente. Neste sentido, desordens na estrutura do tornozelo e pé podem influenciar como fatores não locais ascendentes nesta síndrome. Os programas de intervenção devem ser direcionados para a correção desses fatores com o objetivo de minimizar a sobrecarga sobre a articulação patelofemoral.

REFERÊNCIAS

- BARTON, CJ, *et al.* Relationships between the Foot Posture Index and foot kinematics during gait in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. **J Foot Ankle Res**, 2011.
- BITTENCOURT, N. F. N. *et al.* Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition—narrative review and new concept. **Br J Sports Med**, p. bjsports-2015-095850, 2016.
- BOLING, Michelle C. *et al.* A prospective investigation of biomechanical risk factors for patellofemoral pain syndrome: the Joint Undertaking to Monitor and Prevent ACL Injury (JUMP-ACL) cohort. **The American journal of sports medicine**, v. 37, n. 11, p. 2108-2116, 2009.
- CROSSLEY KM, CALLAGHAN MJ, LINSCHOTEN R VAN. **Br J Sports Med**, n. 50, p. 247-250, 2016.
- FONSECA ST, OCARINO JM, SILVA PLP, AQUINO CF, Integration of stress and their relationship to the kinetic chain. In: MAGEE DJ, ZANHAZEWSKI JE, QUILLEN WS. **Scientific foundations and principles of practice in musculoskeletal rehabilitation**. St louis: Saunders Elsevier; 2007. p. 476-86.
- HALABCHI, Farzin *et al.* Patellofemoral pain in athletes: clinical perspectives. **Open access journal of sports medicine**, v. 8, p. 189, 2017.
- LANKHORST, Nienke E.; BIERMA-ZEINSTRA, Sita MA; VAN MIDDELKOOP, Marienke. Risk factors for patellofemoral pain syndrome: a systematic review. **journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 42, n. 2, p. 81-A12, 2012.
- MOLGAARD, Carsten; RATHLEFF, Michael Skovdal; SIMONSEN, Ole. Patellofemoral pain syndrome and its association with hip, ankle, and foot function in 16-to 18-year-old high school students: a single-blind case-control study. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 101, n. 3, p. 215-222, 2011.
- NEAL, Bradley 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.
- PIVA, Sara R.; GOODNITE, Edward A.; CHILDS, John D. Strength around the hip and flexibility of soft tissues in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. **Journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 35, n. 12, p. 793-801, 2005.
- RODRIGUES, Pedro, *et al.* Evaluating runners with and without anterior knee pain using the time to contact the ankle joint complexes' range of motion boundary. **Gait & posture**, v. 39, n. 1, p.48-53, 2014.

SALTYCHEV, Mikhail *et al.* Effectiveness of conservative treatment for patellofemoral pain syndrome: A systematic review and meta-analysis. **Journal of rehabilitation medicine**, v. 50, n. 5, p. 393-401, 2018.

SCHACHT, Elena Suzanne. **Effect of ankle dorsiflexion range of motion on knee biomechanics: Implications for patellofemoral pain syndrome**. The University of North Carolina at Greensboro, 2014.

SOUZA, Thales R. *et al.* Late rearfoot eversion and lower-limb internal rotation caused by changes in the interaction between forefoot and support surface. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 99, n. 6, p. 503-511, 2009.

VAN GENT RN, SIEM D, VAN MIDDELKOOP M, *et al.* Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. **Br J Sports Med**, n. 41, p. 469-80, 2007.

WILLIAMS III, Dorsey S.; MCCLAY, Irene S.; HAMILL, Joseph. Arch structure and injury patterns in runners. **Clinical biomechanics**, v. 16, n. 4, p. 341-347, 2001.

YAMAUCHI, Junichiro; KOYAMA, Keiji. Relation between the ankle joint angle and the maximum isometric force of the toe flexor muscles. **Journal of biomechanics**, 2018.