

Artigo Original

Associação entre alterações biomecânicas da pisada e dor femoropatelar em corredores: um estudo transversal

Association Between Running Biomechanics Alterations and Patellofemoral Pain in Runners: A Cross-Sectional Study

Paulo Roberto Veiga Quemelo¹, Francine Lopes Barreto Gondo¹, Bárbara Bittencourt Noal Aulicino¹, Matheus Faria da Silva¹, Klayver Silva Santos¹, Eduardo Hiroaki Kina Senda¹ e José Eduardo Zaia²

1. Departamento de Fisioterapia do Centro Universitário São Camilo, São Paulo, Brasil.
2. Departamento de Matemática da Faculdade de Tecnologia de Mococa, Mococa, Brasil.

RESUMO

Introdução: A dor femoropatelar (DFP) é uma desordem musculoesquelética que causa desconforto na região anterior do joelho e pode limitar as atividades dos indivíduos. **Objetivos:** verificar a associação da dor na região anterior do joelho com as condições biomecânicas da pisada em corredores. **Métodos:** Trata-se de um estudo analítico transversal. A amostragem foi por conveniência (n = 69), na qual os corredores de ambos os sexos, entre 18 a 50 anos que participaram de um evento de corrida na cidade de São Paulo. Os voluntários responderam a escala visual analógica (EVA) para dor no joelho, a escala de intensidade da síndrome da dor femoropatelar (EISDF) e realizaram a avaliação da pisada com baropodometria. **Resultados:** A maioria dos voluntários eram do sexo feminino (n=46), com idades variando de 20 a 50 anos, com IMC muito semelhante entre os sexos, 25,36 para mulheres e 26,16 para os homens. A pontuação média da EVA para mulheres foi de 3,26, enquanto para os homens foi de 3,30 (p=0,955). Para a escala EISDF as mulheres apresentaram média de 21,13 e os homens apresentaram 18,30 pontos como média (p=0,610). Para as variáveis biomecânicas, não foi encontrada diferença significativa com o tipo de pisada e angulação do joelho, com os sintomas de dor e desconforto do joelho (p=0,137). **Conclusão:** os fatores biomecânicos da pisada não apresentaram associação entre os sintomas de dor e desconforto no joelho.

Palavras-chave: Síndrome da dor femoropatelar; Deformidades do pé; Corrida.

ABSTRACT

Background: Patellofemoral pain (PFP) is a common musculoskeletal disorder that causes discomfort in the anterior region of the knee and can limit individuals' activities, such as running. **Objectives:** to verify the association of pain in the anterior knee region with the footstep conditions in runners. **Methods:** This is a cross-sectional analytical study, of the case series type. Sampling was by convenience (n = 69), in which runners of both sexes, between 18 and 50 years old who participated in a running event in the city of São Paulo, were invited to participate in the research. The volunteers responded to the visual analogue scale (VAS) for knee pain; the patellofemoral pain syndrome intensity scale (EISDF) and footstep was assessed using baropodometry. **Results:** The majority of volunteers were female (n = 46), aged between 20 and 50 years, with a very similar BMI between the sexes, 25.36 for women and 26.16 for men. The average VAS score for women was 3.26, while for men it was 3.30 (p=0.955). For the EISDF scale, women had an average of 21.13 and men had an average of 18.30 points (p=0.610). No significant difference was found with footstep type with symptoms of knee pain and discomfort (p=0.137). **Conclusion:** footstep biomechanical factors are not association with symptoms of pain and knee discomfort.

Key-words: Patellofemoral pain syndrome; Foot deformities; Running.

Autor para correspondência: Paulo Roberto Veiga Quemelo - pquemelo@hotmail.com.

Submetido em 08/10/2024 | Publicado em 23/12/2024.

INTRODUÇÃO

A corrida é uma forma popular de atividade física que aumentou drasticamente nas últimas décadas, apresentando muitos benefícios à saúde dos praticantes. Entretanto, lesões musculoesqueléticas relacionadas à corrida apresentam alta prevalência, sendo a articulação do joelho, uma região do corpo frequentemente afetada¹.

A dor femoropatelar (DFP) que normalmente causa dor e desconforto na região anterior do joelho, é uma desordem musculoesquelética muito comum relacionada à sobrecarga articular, podendo em muitos casos limitar as atividades de vida-diária^{2,3}. Embora essa desordem tenha caráter multifatorial, como destacado em guidelines e linhas de pesquisas atuais, uma das possíveis correlações, seriam os fatores biomecânicos relacionados à dor anterior do joelho, amplamente estudados para entender como intervir e pensar em protocolos de reabilitação.² Condições biomecânicas do membro inferior que podem se mostrar alteradas no plano frontal e transversal^{4,5}, como por exemplo, alterações da pisada e a hiperpronação do pé, por aumentar o estresse na articulação patelofemoral, é classificado como um fator de risco distal para o desenvolvimento e persistência dos sintomas na DFP².

Outras condições, como a idade, sexo, hereditariedade, bem como, alterações da própria biomecânica do joelho, como por exemplo o valgo excessivo dos joelhos, podem estar associadas com pacientes com DFP^{7,8,9}. Isso coloca ainda em discussão a correlação o padrão mecânico da corrida com a DFP, deixando o tema inconclusivo². Diante do exposto, parece ser apropriado novos estudos sobre a possível associação entre a DFP e alterações biomecânicas dos membros inferiores, para que se possa direcionar melhor os tratamentos e protocolos de reabilitação. Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar a associação da dor na região anterior do joelho com as condições biomecânicas da pisada em corredores.

METODOLOGIA

Tipo de estudo e participantes

Trata-se de um estudo analítico e transversal, no qual, participaram do estudo, indivíduos praticantes de corrida, de ambos os sexos e com idade entre 18 anos à 50 anos. Os participantes foram selecionados por amostragem de conveniência (n = 69) durante o evento de corrida que ocorreu na cidade de São Paulo. Durante o evento os corredores foram convidados a participar do estudo em espaço reservado para a realização dos testes e responder os questionários, após a participação na corrida.

Os corredores que aceitaram participar do estudo, responderam a escala visual analógica de dor e a um questionário específico para indivíduos com dor e limitações funcionais do joelho. Os participantes também realizaram a avaliação da pisada com baropodometria. Foram incluídos os corredores de ambos os sexos, com idade entre 18 anos e 50 anos e que aceitaram participar do estudo de forma voluntária. Foram excluídos os participantes que apresentassem histórico de cirurgia nos membros inferiores, instabilidade crônica de joelho, desordens associadas com lesões meniscais ou ligamentares. Todas as avaliações e testes foram aplicadas no dia do evento pela equipe de pesquisa, no local de atendimento destinado ao curso de fisioterapia.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CoEP) do Centro Universitário São Camilo (CUSC), seguindo a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Avaliação do quadro doloroso

Para avaliação do quadro doloroso foi aplicada a Escala Visual Analógica de dor (EVA). O primeiro relato de aplicação e aceitabilidade da EVA foi descrito por Woodforde e Merskey (1972)¹⁰. Posteriormente, a escala mostrou boa confiabilidade test-retest com valores de $r = 0,94$, $P < 0,001$ ¹¹. A EVA é uma medida unidimensional de intensidade da dor. Consiste em uma escala contínua composta por uma linha horizontal ou vertical de 10 cm, com um indicativo escrito de intensidade da dor exposto em cada uma das extremidades. Esse indicativo é, geralmente, “sem dor” (pontuação 0) e “máximo de dor” (pontuação 10). A aplicação é realizada através da orientação ao paciente para demonstrar o ponto da linha que representa a intensidade da dor sentida por ele no joelho naquele momento ou nas últimas 24 horas. Usando uma régua, a pontuação é determinada medindo a distância (mm) na linha de 10 cm entre a extremidade “sem dor” e a marca do paciente. Assim, quanto maior a pontuação, maior a intensidade da dor relatada pelo paciente¹⁰.

Escala de dor femoropatelar

Para a verificação da presença de dor, desconforto e limitações relacionadas com o joelho, foi aplicada a Escala de Intensidade da Síndrome da Dor Femoropatelar (EISDF – PSS). A escala foi validada e adaptada para o Brasil, com valores de confiabilidade e validade adequados (ICC = 0.9; CI = 0.87; $p < 0,05$). A presente escala apresenta dez perguntas, que avaliam diferentes atividades de vida diária como: subir escadas; correr moderadamente; praticar atividade esportiva; entre outros, no qual o respondente atribui uma nota de 0 a 10 (0 = nenhuma dor; 10 = pior dor possível) de acordo com a intensidade de sua dor¹².

Análise da pisada - Baropodometria

Para a avaliação da pisada dos corredores, foi utilizado o equipamento de baropodometria - BaroScan®. O baropodômetro é uma plataforma com sensores que detecta e analisa as áreas de pressão plantar dos pés. Os sensores transmitem as informações para um *software* próprio que transforma as informações em números e gráficos, indicando o tipo de pisada e as regiões dos pés com maior descarga de peso e pressão. Esse instrumento de avaliação fornece informações diretas e indiretas sobre a posição dos pés e do corpo do corredor em pé, o que permite a detecção de alterações e anormalidades biomecânicas dos pés, e, de forma indireta, pode indicar alterações dos joelhos, pelve e coluna¹⁶.

Para a coleta de dados, os participantes permaneceram na posição em pé de forma estática por 30 segundos para coleta dos dados. Os participantes foram orientados a permanecer em cima da plataforma durante 30 segundos, com apoio bipodal, descalços sobre a plataforma em posição ortostática, respeitando os limites de apoio dos pés padronizados no equipamento, com seus braços ao redor do corpo, e olhos direcionados a um ponto pré-fixado na parede. Para a análise de dados componentes como pico de pressão no pé (porcentagem de peso corporal representado no antepé e retropé), centro de gravidade foram utilizados para as análises^{17,18}. Como referência para o centro de gravidade, o antepé será assumido como a parte do pé anterior ao centro de gravidade e o retropé como parte posterior ao centro de gravidade registrado no dispositivo^{18,19}.

Análise dos dados e análise estatística

Os dados foram submetidos a análise descritiva para obtenção de valores de frequência, medidas de tendência de central, dispersão e apresentados em gráficos e tabelas. Para a análise inferencial, foi aplicado previamente os testes de normalidade de Kolmogorov Smirnov e Levene para homogeneidade de variâncias. Para os testes de associação entre variáveis categóricas foram utilizados teste de Qui Quadrado e Spearman Rank. Diferenças entre grupos, para variáveis quantitativas, foram verificadas através do teste t de Students ou Mann Whitney. Finalmente, para diferenças entre mais de dois grupos foi usado Análise de Variâncias e Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks. Para todos os testes, foi considerado o nível de significância de 5%^{20,21}.

RESULTADOS

A amostra foi constituída por 69 pacientes distribuídos em 46 do sexo feminino e 23 do sexo masculino, com idades variando de 20 a 50 anos. Embora peso e estatura diferenciem entre os sexos, o IMC não apresentou diferença significativa (p=0,420, de acordo com teste t de Students), sendo 25,36 para mulheres e 26,16 para os homens (tabela 1).

Tabela 1. Distribuição das variáveis de perfil da amostra por sexo

Variável Média (Desvio Padrão)	Feminino n = 46 (66,7%)	Masculino n = 23 (33,3%)
Idade (anos)	37,0 (8,97)	35,7 (10,65)
IMC (kg/m ²)	25,36 (3,62)	26,16 (4,39)
Estatura (m)	1,62 (0,07)	1,76 (0,08)
Peso (Kg)	66,7 (11,06)	80,7 (16,08)

Legenda: IMC = Índice de Massa Corporal

Quanto ao quadro de dor, estimado através dos instrumentos: Escala Visual Analógica (EVA) e Escala de Intensidade da Síndrome da Dor Femoropatelar (EISDF), não foi encontrada associação com o sexo. A variação e EVA foi de 0 a 8 para mulheres com média igual a 3,26 e de 0 a 10 para homens com média igual a 3,30 (p=0,955). Já o EISDF variou entre 0 a 77 para mulheres e de 0 a 64 para homens, com médias iguais a 21,13 e 18,30, respectivamente (p=0,610), não diferindo significativamente (tabela 2).

Tabela 2. Associação entre sexo e quadro de dor

Variável Média (DP)	Feminino n = 46 (66,7%)	Masculino n = 23 (33,3%)	Valor de P*
EVA	3,26 (2,92)	3,30 (3,25)	0,955
EISDF	21,13 (22,30)	18,30 (20,14)	0,610

*Valores de p de acordo com teste t de Students

DP = desvio padrão; EVA = Escala Visual Analógica de Dor; EISDF = escala de intensidade da síndrome da dor femoropatelar.

Para as variáveis biomecânicas do tipo de pisada (tabela 3), não há evidência suficiente para considerar que exista associação significativa entre o sexo e tipo de pisada (p=0,257).

Considerando as categorias do tipo de pisada: Cavo, Neutro e Plano, pode-se verificar que estas não afetam significativamente o quadro de dor. De acordo com os resultados apresentados na tabela 4, não há evidências de que diferenciação no quadro de dor entre o tipo de pisada, tanto para EVA ($p=0,137$) quanto para EISDF ($p=0,076$). Entretanto, foi evidenciado que indivíduos com tipo de pisada plano apresentam IMC maior (27,72) quando comparados com indivíduos com tipo de pisada Cavo (24,12).

Tabela 3. Associação entre sexo e tipo de pisada.

Variável	Feminino n (%)	Masculino n (%)	Valor de P*
Tipo de Pisada			
Cavo	12 (26,1%)	10 (43,5%)	0,257
Neutro	28 (60,9%)	10 (43,5%)	
Plano	6 (13,0%)	3 (13,0%)	

Legenda: *Valores de p de acordo com Testes: Sperman Rank – para Tipo de Pisada

Tabela 4. Comparação entre quadro de dor com o tipo de pisada.

Variável Média (DP)	Tipo de Pisada			Valor de P
	Cavo n = 22	Neutro n = 38	Plano n = 9	
EVA	2,41 (2,99)	3,45 (2,96)	4,67 (3,00)	0,137 [#]
EISDF	11,82 (15,99)	25,13 (24,23)	19,78 (15,18)	0,076 [#]
IMC	24,12 (3,69) ^a	25,99 (3,88) ^{ab}	27,72 (3,30) ^b	0,039 [*]

Legenda: # Valores de p de acordo com teste de Kruskal-Wallis ANOVA by Rank* Valor de p de acordo com ANOVA seguido por teste de Tukey (letras distintas indicam diferença significativa entre médias) DP = desvio padrão; EVA = Escala Visual Analógica de Dor; EISDF = escala de intensidade da síndrome da dor femoropatelar.

DISCUSSÃO

A corrida é uma excelente modalidade esportiva ou recreacional, de baixo custo, e que pode proporcionar vários benefícios a saúde dos praticantes, como redução dos riscos de doenças cardiovasculares e aumento da expectativa de vida^{22,23}. Entretanto, alguns tipos de patologias, principalmente as que ocorrem no sistema musculoesquelético, sendo a articulação do joelho, uma região bastante afetada^{23,24}. Os achados do presente estudo demonstraram que 67% dos corredores, relataram algum tipo de desconforto musculoesquelético, o que corrobora os achados de recente revisão sistemática que aponta para 70% dos corredores apresentam algum tipo de lesão musculoesquelética nos membros inferiores.²³ Embora a literatura aponte que as mulheres podem apresentar maior prevalência de lesões e sintomas de dor musculoesqueléticas nos joelhos devido a condições biomecânicas, como por exemplo o “ângulo Q”^{4,25,26}, nos resultados do presente estudo, não foi observado diferença estatística em relação a intensidade da dor entre homens e mulheres.

Embora os achados do presente estudo não apresentaram resultados significativos em relação aos sintomas de dor no joelho com as alterações biomecânicas da pisada, existe consenso na literatura que a região do joelho e do tornozelo são as mais afetadas entre os corredores, e, portanto, precisa-se pensar em estratégias de reeducação corporal e treinamento para prevenir e reduzir as lesões musculoesqueléticas dos membros inferiores em corredores.²⁴ Estudos prévios indicam que devido ao ângulo “Q” as mulheres estão mais propensas a apresentar mais lesões e queixas na região do joelho, enquanto devido a pisada pronada, os homens podem apresentar maior sobrecarga no tornozelo, o que pode favorecer ao aparecimento da tendinopatia no tendão do calcâneo^{24,25,26}. Por outro lado, recente estudo publicado com 3.804 corredores, demonstrou que os principais fatores de risco para lesões musculoesqueléticas no joelho e quadril estavam relacionados com a idade, IMC, lesão ou cirurgia prévia e histórico familiar, não sendo observado associação significativa entre histórico cumulativo de corrida e risco de artrite no joelho e quadril²⁷.

Os resultados do presente estudo, demonstram que corredores com pisada plana apresentam maior IMC comparado com pisada cava. Esses achados, corroboram os resultados de Chow, Chen e Wang (2018)²⁸, que avaliaram as características da pressão plantar de 80 corredores de velocidade e 90 corredores recreacionais, estudantes universitários de Taiwan, com idades de 17 a 21 anos. A avaliação estática indicou arcos plantares mais elevados nos corredores de elite com IMC de 21.7 pontos, quando comparados aos amadores, que apresentavam IMC de 22.3 pontos.

É preciso considerar como limitação do estudo, o ambiente no qual a coleta de dados foi realizada. Embora os pesquisadores tomaram todos os cuidados para adaptar o ambiente, o local não era o mesmo de um laboratório de biomecânica, bem como, todos os testes foram realizados logo após os voluntários terem finalizado a corrida, o que pode interferir na coleta de dados dos testes biomecânicos de pisada, bem como, interferir nas respostas das escalas que

apresentam um certo grau de subjetividade. Muito embora o presente estudo não tenha encontrado associação entre fatores biomecânicos com os sintomas de dor e desconforto na região do joelho, é importante continuar investigando esta possível associação para poder traçar estratégias de correção e prevenção de lesões musculoesqueléticas em corredores.

CONCLUSÃO

A prevalência de queixas de dor no joelho foi alta nos corredores. Entretanto, não foi observado associação dos sintomas de dor no joelho com o tipo de pisada.

REFERÊNCIAS

1. Tian F, Li N, Zheng Z, Huang Q, Zhu T, Li Q, Wang W, Tsai TY, Wang S. The effects of marathon running on three-dimensional knee kinematics during walking and running in recreational runners. *Gait Posture*. 2020;75:72-77.
2. Willy RW, Hoglund LY, Barton CJ, Bolgla LA, Scalzitti DA, Logerstedt DS. Patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2019;49(9):CPG1-95.
3. Bizzini M, Childs JD, Piva SR, Delito A. Systematic review of the quality of randomized controlled trials for patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003;33(1):4-20.
4. Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003;33(11):639-46.
5. Thomee R, Augustsson J, Karlsson J. Patellofemoral pain syndrome: a review of current issues. *Sports Med*. 1999;28(4):245-62.
6. Holden S, Rathleff MS, Jensen MB, Barton CJ. How can we implement exercise therapy for patellofemoral pain if we don't know what was prescribed? A systematic review. *Br J Sports Med*. 2018;52:385.
7. Barker-Davies RM, Roberts A, Bennett AN, Fong DTP, Wheeler P, Lewis MP. Single leg squat ratings by clinicians are reliable and predict excessive hip internal rotation moment. *Gait Posture*. 2018;61:453-458.
8. Neal BS, Barton CJ, Gallie R, O'Halloran P, Morrissey D. Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*. 2016;45:69-82.
9. Rees D, Younis A, MacRae S. Is there a correlation in frontal plane knee kinematics between running and performing a single leg squat in runners with patellofemoral pain syndrome and asymptomatic runners? *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2019;61:227-232.
10. Woodforde JM, Merskey H. Some relationships between subjective measures of pain. *J Psychosom Res*. 1972 Jun;16(3):173-8.
11. Ferraz MB, Quaresma MR, Aquino LR, Atra E, Tugwell P, Goldsmith CH. Reliability of pain scales in the assessment of literate and illiterate patients with rheumatoid arthritis. *J Rheumatol*. 1990;17(8):1022-4.
12. da Cunha RA, Costa LO, Hespanhol Junior LC, Pires RS, Kujala UM, Lopes AD. Translation, cross-cultural adaptation, and clinimetric testing of instruments used to assess patients with patellofemoral pain syndrome in the Brazilian population. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43(5):332-9.
13. Rabin A, Kozol Z, Moran U, Efergan A, Geffen Y, Finestone AS. Factors associated with visually assessed quality of movement during a lateral step-down test among individuals with patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(12):937-46.
14. Perry J, (2010). *Gait analysis: normal and pathological function*. New Jersey: SLACK.
15. Rabelo NDDA, Lucareli PRG. Do hip muscle weakness and dynamic knee valgus matter for the clinical evaluation and decision-making process in patients with patellofemoral pain? *Braz J Phys Ther*. 2018 Mar-Apr;22(2):105-109.
16. Baumfeld D, Baumfeld T, da Rocha RL, Macedo B, Raduan F, Zambelli R, Alves Silva TA, Nery C. Reliability of Baropodometry on the Evaluation of Plantar Load Distribution: A Transversal Study. *Biomed Res Int*. 2017;2017:5925137.
17. Notarnicola A, Maccagnano G, Fiore A, Spinarelli A, Montenegro L, Paoloni M, Pastore F, Tafuri S, Moretti B. Baropodometry on patients after total knee arthroplasty. *Musculoskelet Surg*. 2018;102(2):129-137.
18. Rosário JL. A review of the utilization of baropodometry in postural assessment. *J Bodyw Mov Ther*. 2014;18(2):215-9.
19. Neto HP, Grecco LA, Braun Ferreira LA, Christovão TC, Duarte Nde A, Oliveira CS. Clinical analysis and baropodometric evaluation in diagnosis of abnormal foot posture: A clinical trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2015;19(3):429-33.
20. Zar, JH. *Bioestatistical analysis*. Prentice Hall, 4th ed. Upper Saddle River. 1999.
21. The jamovi project (2022). *jamovi*. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
22. Buist I, Bredeweg SW, van Mechelen W, Lemmink KAPM, Pepping G-J, Diercks RL. No Effect of a Graded Training Program on the Number of Running-Related Injuries in Novice Runners: A Randomized Controlled Trial. *The American Journal of Sports Medicine*. 2008;36(1):33-39.
23. Bertelsen ML, Hulme A, Petersen J, Brund RK, Sørensen H, Finch CF, Parner ET, Nielsen RO. A framework for the etiology of running-related injuries. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(11):1170-1180.
24. Kakouris N, Yener N, Fong DTP. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *J Sport Health Sci*. 2021;10(5):513-522.
25. Sigward SM, Powers CM. The influence of gender on knee kinematics, kinetics and muscle activation patterns

- during side-step cutting. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2006;21(1):41-8.
26. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. Br J Sports Med. 2002;36(2):95-101.
27. Hartwell MJ, Tanenbaum JE, Chiampas G, Terry MA, Tjong VK. Does Running Increase the Risk of Hip and Knee Arthritis? A Survey of 3804 Marathon Runners. Sports Health. 2023;9:19417381231190876.
28. Chow TH, Chen YS, Wang JC. Characteristics of Plantar Pressures and Related Pain Profiles in Elite Sprinters and Recreational Runners. J Am Podiatr Med Assoc. 2018;108(1):33-44.