



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DANIELE PEREIRA DO NASCIMENTO

**ANÁLISE DA FUNCIONALIDADE, FLEXIBILIDADE, FORÇA
MUSCULAR E VALORES ANGULARES EM CORREDORES
RECREACIONAIS COM E SEM DOR PATELOFEMORAL**

DANIELE PEREIRA DO NASCIMENTO

**ANÁLISE DA FUNCIONALIDADE, FLEXIBILIDADE, FORÇA
MUSCULAR E VALORES ANGULARES EM CORREDORES
RECREACIONAIS COM E SEM DOR PATELOFEMORAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina e Universidade Pitágoras - UNOPAR), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Orientadora: Profa. Dra. Christiane de Souza Guerino Macedo

Londrina
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

N244a Nascimento, Daniele Pereira do Nascimento.

Análise da funcionalidade, flexibilidade, força muscular e valores angulares em corredores recreacionais com e sem dor patelofemoral / Daniele Pereira do Nascimento Nascimento. - Londrina, 2022.
90 f. : il.

Orientador: Christiane de Souza Guerino Macedo.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, 2022.
Inclui bibliografia.

1. Síndrome da Dor Patelofemoral - Tese. 2. Corrida - Tese. 3. Movimento - Tese. 4. Biomecânica - Tese. I. de Souza Guerino Macedo, Christiane. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação. III. Título.

CDU 615.8

DANIELE PEREIRA DO NASCIMENTO

**ANÁLISE DA FUNCIONALIDADE, FLEXIBILIDADE, FORÇA
MUSCULAR E VALORES ANGULARES EM CORREDORES
RECREACIONAIS COM E SEM DOR PATELOFEMORAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina e Universidade Pitágoras - UNOPAR), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Christiane de Souza
Guerino Macedo
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Pedro Olavo de Paula Lima
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Marcio Rogério de Oliveira
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 25 de Outubro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar minha profunda gratidão é a Deus pela oportunidade, Sua sabedoria e sustento durante todo o processo. Mesmo sem merecer, Ele me honrou com Tua infinita bondade e misericórdia.

Agradeço aos meus pais, por mesmo sem entender exatamente o que esse título significa, nunca mediram esforços para tornar meus sonhos possíveis. Agradeço ao meu namorado Filipe Filiposki, por me acompanhar de perto e ser suporte diário para todas as inseguranças, incertezas, obstáculos e vitórias do processo. Às minhas tias, Izabel e Noêmia, deixo aqui meu singelo e eterno reconhecimento por tudo que fizeram desde a escola, e ainda fazem para minha educação e formação como pessoa e profissional. Não há palavras que possam expressar meus sentimentos e a base que proporcionaram na minha vida. Vocês são as minhas inspirações e parte fundamental da minha história. Espero fazer jus a todo tempo, recurso, amor e carinho que vocês investiram em mim.

Não poderia deixar de agradecer à professora Christiane de Souza Guerino Macedo, um exemplo de mulher, mãe, profissional, ser ímpar! Com todo carisma e empatia que uma pessoa pode ter, você abriu as portas de toda experiência acadêmica que eu poderia ter, me direcionou em todos os caminhos e, ainda, me ouviu e apoiou não só nos momentos difíceis, mas também em cada novo sonho que eu inventei. Como tudo o que faz, você competentemente excedeu seu papel como profissional e me fez admirá-la em todos os níveis. Sou verdadeiramente grata!

Durante as coletas, contei com a ajuda da minha amiga e sócia Laryssa Oliveira, das estudantes Giovanna Fumagali, Dylleyne Kryss e de todos os voluntários que participaram do estudo. À vocês, meu mais sincero obrigado! Eu valorizo cada minuto doado do tempo de vocês, sem considerarem nada em troca. Com toda certeza, esse trabalho não teria saído do papel se não fosse por vocês.

De antemão, gostaria de agradecer aos professores, Dr. Marcio Rogério de Oliveira e Dr. Pedro Olavo de Paula Lima, por aceitarem o convite e disponibilizarem o seu tempo para compor e acrescentaram intelectualmente a minha banca de mestrado.

À todos vocês, muito obrigada!

DEDICATÓRIA

À Marilda e Daniel, meus pais.

RESUMO

NASCIMENTO, D.P., 2022. **Análise da funcionalidade, flexibilidade, força muscular e valores angulares em corredores recreacionais com e sem dor patelofemoral.** 89 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (UEL – Pitágoras/UNOPAR), Londrina, 2022.

Introdução: A dor patelofemoral (DPF) está relacionada a disfunções biomecânicas, entretanto as alterações dos movimentos são incertas em corredores. **Objetivo:** Analisar o volume semanal da corrida, capacidade funcional, flexibilidade, força muscular, valores angulares bidimensionais (2D) durante a corrida e no teste *Step Down* lateral (SDL) em corredores com e sem DPF. **Materiais e método:** Foram avaliados 81 corredores recreacionais, 40 com DPF (19 homens, 21 mulheres) e 41 sem dor (grupo controle, 24 homens, 17 mulheres). Todos responderam ao questionário de caracterização da amostra e da corrida, as escalas *Anterior Knee Pain Scale* e *Lower Extremity Functional Scale*. Foram avaliadas a flexibilidade dos isquiotibiais, quadríceps, sóleo e gastrocnêmios; e força muscular isométrica dos extensores de joelho e dos rotadores externos/abdutores do quadril. Além disso, obteve-se os valores angulares 2D durante o SDL e no apoio médio da corrida. **Resultados:** O grupo dos corredores com DPF apresentou menor volume de corrida semanal ($p=0,049$), pior capacidade funcional dos membros inferiores ($p<0,001$), maior inclinação ipsilateral do tronco durante o SDL ($p=0,002$), e maior inclinação ipsilateral do tronco ($p<0,001$) com menor queda contralateral da pelve ($p=0,006$) no plano frontal da corrida. Não houve diferenças para força muscular do quadríceps e quadril e flexibilidade do sóleo, gastrocnêmios e quadríceps, exceto para os isquiotibiais, os quais foram menos flexíveis no grupo controle. As correlações foram baixas ($p=0,30$ a $0,49$) entre a força muscular, capacidade funcional, volume de corrida e variáveis angulares 2D analisadas. No entanto, no plano frontal da corrida, a adução do quadril no grupo DPF e inclinação ipsilateral de tronco no grupo controle, apresentaram correlação moderada com a força isométrica do quadríceps ($p=0,50$ a $0,69$). **Conclusão:** Corredores recreacionais com dor patelofemoral percorrem distâncias menores, têm menor capacidade funcional dos membros inferiores, maior inclinação ipsilateral do tronco durante o SDL e maior inclinação ipsilateral do tronco e menor queda contralateral da pelve no apoio médio da corrida. Corredores sem dor patelofemoral apresentam maior rigidez muscular dos isquiotibiais. Contudo, corredores recreacionais não demonstram diferenças em relação a força muscular independente da dor. Além disso, somente a força muscular do quadríceps se correlacionou moderadamente com a adução do quadril e inclinação lateral do tronco no plano frontal da corrida. Os achados sugerem que esses parâmetros podem ser úteis na avaliação de corredores recreativos com DPF e podem fornecer novas estratégias de prevenção e reabilitação.

Palavras-chave: síndrome da dor patelofemoral; corrida; movimento; fenômenos biomecânicos.

ABSTRACT

NASCIMENTO, D.P., 2022. **Analysis of functionality, flexibility, muscle strength and angular values in recreational runners with and without patellofemoral pain.** 89 p. Master Thesis – Posgraduate Program in Rehabilitation Sciences (UEL – Pitágoras/UNOPAR), Londrina, 2022.

Introduction: Patellofemoral pain (PFP) is frequently related to biomechanical dysfunctions, however movement changes are uncertain in runners. **Objective:** To analyze the weekly running volume, functional capacity, flexibility, muscle strength, two-dimensional (2D) kinematics during running and in a dynamic task of runners with and without PFP. **Materials and method:** Eighty one recreational runners participated in the study, forty with PFP (PFP group, 19 men, 21 women) and forty one without pain (control group, 24 men, 17 women). All answered the sample and running characterization questionnaire, the Anterior Knee Pain Scale and Lower Extremity Functional Scale. The flexibility of the hamstrings, quadriceps, soleus and gastrocnemius were evaluated by an inclinometer. Also, isometric muscle strength of knee extensors and hip external rotators, abductors and extensors were measured by a handheld dynamometer. In addition, 2D kinematic angles of trunk, pelvis, knee and ankle motions in the sagittal and frontal plane were obtained during the deepest position of the Lateral Step-Down test (LSD) and at running midstance phase. **Results:** Runners with PFP presented lower weekly running volume ($p=0.049$), worse functional capacity of the lower limbs ($p<0.001$), greater ipsilateral trunk lean in the LSD ($p=0.002$), and greater ipsilateral trunk lean ($p<0.001$) with less contralateral pelvic drop ($p=0.006$) during running. There were no differences for quadriceps and hip muscles strength and soleus, gastrocnemius and quadriceps flexibility, except for the hamstrings which were less flexible in the control group. The correlations were weak ($\rho=0.30$ to 0.49) between muscle strength, functional capacity, running volume and 2D variables. However, at frontal plane running, hip adduction in the PFP group and lateral trunk lean in the control group presented moderate correlation with quadriceps strength ($\rho=0.50$ to 0.69). **Conclusion:** The current study revealed that recreational runners with PFP run weekly shorter distances, exhibit lower functional capacity, greater ipsilateral trunk lean during a dynamic activity (LSD) and greater ipsilateral trunk lean and less contralateral pelvic drop in running. Runners without patellofemoral pain have greater hamstring muscle stiffness. However, recreational runners did not express differences in muscle strength regardless of the pain. Furthermore, quadriceps muscle strength correlates moderately with hip adduction and lateral trunk lean in the frontal plane of running. The findings suggest these parameters may be useful in the assessment of recreational runners with PFP and may afford new prevention and rehabilitation strategies.

Keywords: patellofemoral pain syndrome; running; movement; biomechanical phenomena.

LISTA DE FIGURAS

Dissertação

Figura 1 – Testes de comprimento muscular. (A) Avaliação da flexibilidade de quadríceps. (B) Avaliação da flexibilidade dos isquiotibiais.....21

Artigo

Figura 1 – Fluxograma das avaliações.....34

LISTA DE TABELAS

Artigo

- Tabela 1** – Comparação das características gerais dos corredores sem (grupo controle) e com dor patelofemoral (grupo DPF).....38
- Tabela 2** – Comparações da flexibilidade muscular e do pico de força isométrica da musculatura pósterolateral do quadril (HipSIT) e do quadríceps femoral (FM Quadríceps) entre os grupos de corredores sem (grupo controle) e com dor patelofemoral (grupo DPF).....39
- Tabela 3** – Comparação das variáveis cinemáticas bidimensionais (graus) entre os grupos de corredores recreacionais sem (grupo controle) e com dor patelofemoral (grupo DPF) no *Step Down Test Lateral*39
- Tabela 4** – Análise bidimensional no plano frontal e sagital durante o apoio médio da corrida para corredores sem (grupo controle) e com dor patelofemoral (grupo DPF).....40
- Tabela 5** – Correlações entre a força muscular do quadril (HipSIT) e do quadríceps com variáveis cinemáticas bidimensionais.41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DPF	Dor patelofemoral
AKPS	<i>Anterior Knee Pain Scale</i>
LEFS	<i>Lower Extremity Functional Scale</i>
HipSIT	<i>Hip Stability Isometric Test</i>
END	Escala Numérica de Dor
CIVM	Contração Isométrica Voluntária Máxima
SDL	<i>Step Down Lateral</i>
IT	Inclinação do tronco
QP	Queda contralateral da pelve
APPF	Ângulo de projeção no plano frontal
EIAS	Espinha ilíaca anterossuperior
CCI	Coefficiente de Correlação Intraclasse
STROBE	<i>Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3.	HIPÓTESE	17
4.	REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO	18
4.1	FATORES LOCAIS	19
4.2	FATORES DISTAIS	21
4.3	FATORES PROXIMAIS	22
4.4	FATORES RELACIONADOS À ANÁLISE CINEMÁTICA	25
5.	ARTIGO CIENTÍFICO	28
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
7.	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICE	65
	APÊNDICE 1 – Autorização para realização da pesquisa	66
	APÊNDICE 2 – Termo de consentimento livre e esclarecido	67
	ANEXOS	70
	ANEXO I – <i>STROBE statement</i>	71
	ANEXO II – Escala de Distúrbios Patelofemorais (AKPS)	73
	ANEXO III – Lower Extremity Functional Scale (LEFS)	74
	ANEXO IV – Normas para submissão na <i>Human Movement Science</i>	75

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação de mestrado é composta por introdução, revisão de literatura e um artigo científico produzido no Laboratório de Análise do Movimento Humano do Centro Especializado de Pesquisa e Pós-Graduação (CEPPOS) do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Em consonância com as regras do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação em parceria entre UEL e Pitágoras - UNOPAR, o artigo científico será encaminhado ao periódico *Human Movement Science*, QUALIS A2 e fator de impacto 2.397.

1. INTRODUÇÃO

A prática de corrida de rua aumentou exponencialmente nos últimos anos, por ser uma atividade física acessível e de baixo custo, entretanto pode-se observar um aumento constante no número de lesões relacionadas, com maior acometimento da articulação patelofemoral (Dingenen et al., 2019). Entre as queixas mais frequentes está a dor patelofemoral (DPF), caracterizada por ser difusa ao redor ou atrás da patela, exacerbada em atividades que envolvam suporte do peso corporal com os joelhos flexionados (Boudreau et al., 2018).

Apesar de controversa, sua etiologia pode ser considerada multifatorial. Aponta-se maior estresse na articulação patelofemoral, devido a menor área de contato entre a faceta lateral da patela e o côndilo femoral lateral durante o movimento de flexão do joelho (15° - 45°), causado por um deslocamento anormal da patela em cadeia cinética aberta (CCA) (Powers, 2003) e rotação interna excessiva do fêmur em cadeia cinética fechada (CCF). Assim, o desenvolvimento e o prognóstico da DPF são, usualmente, atribuídos a fatores proximais (quadril, pelve e tronco), distais (tornozelo e pé) ou locais (joelho) que potencialmente podem aumentar as forças compressivas nessa articulação (Souza et al., 2010).

Proximalmente, existem fortes evidências da associação da redução de força dos músculos do quadril em indivíduos com DPF; entretanto, não são suficientes para estabelecer a relação de causa e efeito (Almeida et al., 2017 e Magalhães et al., 2010 e Rathleff et al., 2014 e Willy et al., 2019). Em adição, no que diz respeito à corretores, ainda não está claro na literatura se a fraqueza do quadril pode ser um fator para o desenvolvimento da DPF (Mucha et al., 2017). Nos fatores distais, até o momento, as evidências são inconclusivas e conflitantes (Willy et al., 2019), sugere-

se que a rigidez muscular dos músculos gastrocnêmios e sóleo possam influenciar na redução da dorsiflexão do tornozelo e provocar hiperpronação da articulação subtalar, com sobrecarga na articulação patelofemoral (Piva et al., 2006 e Willy et al., 2019); entretanto, estudos prospectivos e com corredores de rua ainda são necessários.

Para os fatores locais, a fraqueza do músculo quadríceps femoral, principal estabilizador do joelho, tem sido apontada como fator preditivo para o desenvolvimento da DFP (Pappas; Wong-Tom, 2012 e Van Tiggelen et al., 2009) e adiciona-se a redução da flexibilidade do quadríceps e isquiotibiais (Smith et al., 1991 e Witvrouw et al., 2000). Teoricamente, a partir dessas alterações, a consequente rotação interna da tíbia e do fêmur seria um movimento compensatório na busca de maior amplitude de movimento para a fase de apoio terminal da marcha (Piva et al., 2005 e Waryasz; McDermott, 2008).

Outro fator importante que têm sido relacionado à DPF e também pode diminuir o contato patela-fêmur (Salsich; Perman, 2007), é o desalinhamento dinâmico dos membros inferiores, observado principalmente em atividades funcionais como correr, agachar, subir ou descer escadas (Powers, 2010 e Willy et al., 2019). Observa-se, durante análise cinemática de movimento, um ângulo de projeção do joelho aumentado no plano frontal durante descida de escada ou aterrissagem de um salto unipodal (Willson e Davis, 2008), queda contralateral da pelve, adução do fêmur e do quadril durante a corrida (Dingenen et al., 2019).

A análise cinemática do teste *Step Down* lateral é a que mais distingue a cinemática de mulheres com e sem dor patelofemoral (Lopes Ferreira et al., 2019). Dingenen et al. (2019) constataram que a análise 2D pode diferenciar corredores com lesão no joelho (Dingenen et al., 2019), e apontaram que corredores com dor

no joelho tiveram maior queda pélvica, adução femoral e do quadril no apoio médio e menor inclinação do pé no contato inicial da corrida, quando comparados com corredores sem dor (Dingenen et al., 2019).

Apesar da alta incidência e prevalência na população, ainda existem controvérsias na literatura em relação aos instrumentos adotados para avaliação, especialmente em corredores recreacionais de rua. Atualmente, inúmeros testes são utilizados na prática clínica para tomada de decisão terapêutica ou preventiva, contudo, as mensurações realizadas, são muitas vezes associadas, equivocadamente, a outros instrumentos de avaliação. A inconsistência entre tais associações, poderia ser reduzida ou evitada, por meio da padronização dos testes avaliativos, que englobem todos os fatores (proximais, distais e locais) característicos e já estabelecidos na literatura, a fim de servir como referência para prática clínica e melhor prognóstico à longo prazo. Dessa forma, o presente estudo pretende contribuir com a prática clínica do fisioterapeuta esportivo, na tentativa de apontar as diferenças e possíveis relações biomecânicas entre corredores recreacionais de rua com e sem dor patelofemoral.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Avaliar o volume semanal de corrida, capacidade funcional dos membros inferiores, flexibilidade, força muscular e valores angulares bidimensionais (2D) em corredores recreacionais com e sem DPF.

2.2. ESPECÍFICOS

- Indicar e comparar o volume semanal de corrida de rua e a capacidade funcional, por meio da Escala de Desordens Patelofemorais (AKPS) e do questionário *Lower Extremity Functional Scale* (LEFS), em corredores com e sem dor patelofemoral;
- Comparar a flexibilidade dos músculos isquiotibiais, quadríceps, sóleo e gastrocnêmios por meio de um inclinômetro digital, em corredores com e sem dor patelofemoral;
- Quantificar e comparar a força muscular dos extensores de joelho e, de forma associada dos abdutores, rotadores externos e extensores de quadril, pelo teste *HipSIT* com um dinamômetro manual, em corredores com e sem dor patelofemoral;
- Analisar e comparar o ângulo de projeção do joelho no plano frontal, queda da pelve e inclinação lateral do tronco por meio do teste *step down* lateral, em corredores com e sem dor patelofemoral;
- Estabelecer as diferenças angulares, em análise 2D, no plano frontal e sagital da corrida, em corredores recreacionais com e sem dor patelofemoral;

- Associar a força muscular isométrica do quadril e do quadríceps com o volume semanal de corrida, a capacidade funcional e variáveis angulares bidimensionais de corredores com e sem dor patelofemoral.

3. HIPÓTESE

As hipóteses iniciais do presente estudo eram que corredores recreacionais de rua com dor patelofemoral apresentariam menor de volume semanal de corrida de rua, pior capacidade funcional dos membros inferiores, menor flexibilidade de quadríceps, isquiotibiais, gastrocnêmios e sóleo, fraqueza muscular do quadríceps e complexo posterolateral do quadril, e maiores alterações angulares durante a execução de um teste funcional (*step down test lateral*) e na análise cinemática bidimensional da corrida, quando comparados a corredores sem dor patelofemoral.

Também que a força muscular isométrica do quadril e do quadríceps teria alta correlação com o volume semanal de corrida, capacidade funcional e variáveis angulares do joelho, tornozelo, queda da pelve, quadril e tronco na corrida e no *step down test*.

4. REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO

A dor patelofemoral (DPF) é caracterizada por dor anterior, retro ou peripatelar, com início insidioso e exacerbação dos sintomas em atividades que envolvam flexão do joelho com suporte do peso corporal (Willy et al., 2019). Essa condição tem alta prevalência na população geral e é a queixa mais reportada entre 1,5% e 7,3% de todos os pacientes que procuram assistência médica, de 10 a 20% de todas as lesões dos membros inferiores (Souza et al., 2010) e, aproximadamente, 20% a 40% de todos os indivíduos com problemas no joelho tratados em centros especializados de medicina ortopédica e esportiva (Magalhães et al., 2010).

A origem da DPF é descrita na literatura como uma complexa interação entre diversos aspectos anatômicos, biomecânicos, psicológicos, sociais e comportamentais (Powers et al., 2017). Existem dois modelos que englobam esses fatores e tentam elucidar a etiologia dessa condição (Powers et al., 2017). O primeiro é o modelo patomecânico, que associa a DPF com cargas compressivas, que podem afetar várias estruturas adjacentes como o osso subcondral, coxim adiposo infrapatelar, retináculo e estruturas ligamentares, e conseqüentemente, contribuir para a nocicepção. No segundo modelo (não-patomecânico), a DPF não é considerada somente um estímulo nociceptivo, o processamento somatossensorial está alterado, a função sensório-motora prejudicada e fatores psicológicos, como a catastrofização e cinesiofobia, podem estar presentes (Powers et al., 2017). Embora a origem da DPF ainda seja questionável, seu desenvolvimento e prognóstico são, usualmente, atribuídos a fatores biomecânicos locais (articulação patelofemoral ou tecidos circunjacentes), distais (tornozelo e pé) ou proximais (quadril, pelve e tronco), que potencialmente podem, direta ou indiretamente, aumentar as forças compressivas nessa articulação (Willy et al., 2019).

4.1 Fatores Locais

Localmente, déficits de força e flexibilidade do quadríceps e flexibilidade dos isquiotibiais são apontados como coadjuvantes para persistência dos sintomas e podem estar envolvidos na ocorrência da DPF (Smith et al., 1991 e Witvrouw et al., 2000). A fraqueza do quadríceps foi apontada como fator preditivo para DPF (Pappas; Wong-Tom, 2012 e Van Tiggelen et al., 2009); entretanto, não é um achado comum em corredores (Neal et al., 2019). Segundo a revisão sistemática e meta análise de Neal e colaboradores, somente a menor força isocinética do quadríceps femoral, medida concentricamente em 60 ou 240°/s, em militares, foi fator preditivo para o desenvolvimento da DPF (Neal et al., 2019). De acordo com os autores, o teste isométrico mensurado com dinamometria manual não foi sensível suficiente para detectar diferenças de força em outros estudos e populações (Neal et al., 2019). Por outro lado, Carvalho e Silva et al. (2016) demonstraram déficits de 20% da força isométrica extensora do joelho de mulheres com dor patelofemoral quando comparadas a um grupo de mulheres assintomáticas (De Moura Campos Carvalho-e-Silva et al., 2016). Déficits musculares semelhantes também foram encontrados no estudo de Guney et al. (2016) que avaliou a relação de força entre quadríceps e isquiotibiais, tanto concêntrica quanto excêntrica, com o membro contralateral como controle, onde a relação excêntrica de quadríceps para concêntrica dos isquiotibiais teve maior associação com dor em desfechos funcionais (Guney et al., 2016).

De acordo com Witvrouw et al. (2000), em um estudo prospectivo, a redução da flexibilidade do quadríceps está ligada à origem da dor patelofemoral e, por isso, deve ser considerada como um fator de risco (Witvrouw et al., 2000). Os autores apoiam-se na hipótese de que a rigidez do quadríceps pode trazer a patela

superiormente e aumentar as forças compressivas na articulação patelofemoral durante determinadas tarefas (Witvrouw et al., 2000). Para avaliar a rigidez do quadríceps utiliza-se o teste de flexão passiva do joelho, que mensura o comprimento muscular do quadríceps femoral, apresenta boa confiabilidade teste-reteste em sujeitos saudáveis e tem sido usado em estudos prévios sobre dor patelofemoral com uma mudança mínima detectável de 10,53° (Drew et al., 2019; Gnat et al., 2010 e Selfe et al., 2013). Nesse teste, o paciente é posicionado em decúbito ventral próximo da beira da maca, com o membro não testado fora da maca apoiado sobre um banco, a 90° de flexão de quadril. Diante disso, o avaliador passivamente flexiona o joelho que está sobre a maca com um inclinômetro posicionado sobre o ponto médio da tíbia. (Figura 1A) (Drew et al., 2019 e Gnat et al., 2010 e Witvrouw et al., 2000).

Em relação a redução do comprimento muscular dos isquiotibiais, ainda existe uma lacuna na literatura, já que são poucos os estudos que tentam elucidar a influência e os possíveis mecanismos dessa limitação na dor patelofemoral. Dois pontos são utilizados para fundamentar o aumento do estresse articular: (1) leve flexão do joelho durante atividades físicas; (2) maior produção de força do quadríceps para superar a resistência passiva oferecida pelos isquiotibiais (Smith et al., 1991 e Witvrouw et al., 2000). O teste de extensão passiva do joelho, é considerado como medida padrão-ouro para comprimento dos isquiotibiais (Davis et al., 2008). Ele é realizado com o participante em posição supina, com 90° de flexão de quadril e joelho. O avaliador realiza a extensão passiva do joelho com um inclinômetro digital posicionado no ponto médio da tíbia (Figura 1B) (Reurink et al., 2013 e Youdas et al., 2005). O teste de extensão passiva do joelho apresenta excelente confiabilidade em sujeitos saudáveis e boa confiabilidade entre os

avaliadores para lesões de isquiotibiais, independente da dor ou desconforto apresentado durante o teste (Gnat et al., 2010 e Reurink et al., 2013). Uma mudança mínima detectável maior do que 20° indica rigidez muscular dessa musculatura (Willy et al., 2019).

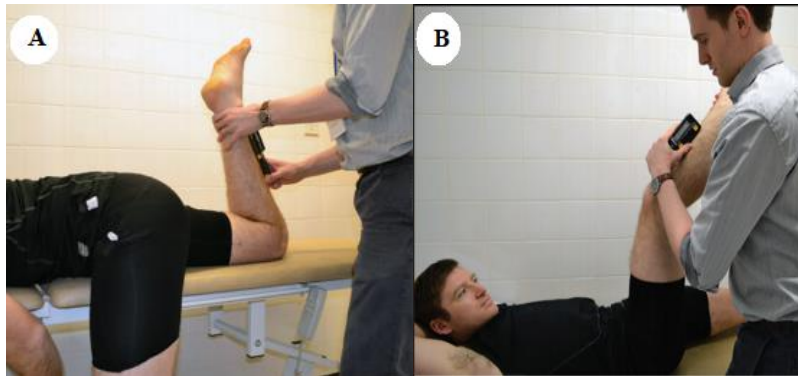


Figura 1: Testes de comprimento muscular. (A) Avaliação da flexibilidade de quadríceps. (B) Avaliação da flexibilidade dos isquiotibiais. **Fonte:** Toward the development of data-driven diagnostic subgroups for people with patellofemoral pain using modifiable clinical, biomechanical, and imaging features. (32)

4.2 Fatores Distais

Na tentativa de determinar qual seria a melhor medida de flexibilidade capaz de diferenciar pessoas com ou sem dor patelofemoral, Piva et al. (2006) encontraram que somente a flexibilidade dos músculos gastrocnêmios e sóleo puderam diferenciar entre esses dois grupos (Piva et al., 2006). Destaca-se que a redução da amplitude no teste de dorsiflexão do tornozelo com suporte de peso foi associado como um fator aumentativo para o ângulo de projeção do joelho no plano frontal e menor qualidade de movimento durante o *step down test* lateral (Powers et al., 2017).

O teste de dorsiflexão do tornozelo, também conhecido como teste de Lunge, tem sido usado na literatura para análise do comprimento muscular da panturrilha

em estudos de dor patelofemoral (Willy et al., 2019). Esse método de avaliação apresenta excelente confiabilidade entre avaliadores em indivíduos saudáveis, requer o mínimo de equipamento e, além disso, é realizado com sustentação do peso corporal, portanto, o torque aplicado ao tornozelo é maior do que aquele aplicado por métodos sem sustentação e a amplitude resultante é mais fidedigna ao desempenho de tarefas funcionais (Bennell et al., 1998). Segundo a revisão sistemática de Powden, Hoch & Hoch (2015), a mínima mudança detectável é de 4,6° e 1,6 centímetros inter-avaliador e 4,7° e 1,9 centímetros intra-avaliador.

4.3 Fatores Proximais

Proximalmente, a literatura apresenta forte evidências quanto a associação da fraqueza do complexo pósterolateral do quadril à DPF em adultos (Magalhães et al., 2010 e Rathleff et al., 2014). Entretanto, essas evidências não são suficientes para estabelecer a relação de causa e efeito, e não representam, por hora, um fator de risco para o desenvolvimento da DPF (Magalhães et al., 2010 e Rathleff et al., 2014 e Willy et al., 2019). A relação entre força da musculatura do quadril e dor patelofemoral vem da perspectiva biomecânica levantada por Christopher Powers em 2010, na qual fatores proximais, como o controle muscular prejudicado do quadril, tronco e pelve, poderia contribuir para lesões do joelho, e de que uma maior adução do quadril e rotação interna excessiva do fêmur, principalmente em atividades em cadeia cinética fechada, poderiam levar a alterações cinemáticas do joelho e da articulação patelofemoral, com aumento da pressão lateral da patela, além de que, as mulheres poderiam ser mais propensas as influências proximais do que os homens (Powers, 2003).

Em sua revisão sistemática, Rathleff et al. (2014) demonstraram com mais de 20 estudos transversais a redução da força isométrica da musculatura do quadril e indivíduos com dor patelofemoral, entretanto deve-se destacar que estudos transversais não estabelecem relação de causa e efeito. Em adição, a mesma revisão apresenta evidências, por meio de três estudos prospectivos de alta qualidade, de que a diminuição da força isométrica dos abdutores, extensores, rotadores externos ou internos do quadril não representa fator de risco ou proteção para a dor patelofemoral (Rathleff et al., 2014).

No que diz respeito à corredores, ainda não está claro na literatura se a fraqueza do quadril pode ser um fator para o desenvolvimento da síndrome da dor patelofemoral. Mucha et al. (2016) encontraram resultados conflitantes entre a fraqueza dos abdutores de quadril e a presença de DPF, ao passo que, Ramskov et al., (2015) em seu estudo coorte prospectivo, relataram menor risco para o desenvolvimento da dor em corredores com maior força abdução excêntrica do quadril, enquanto, Luedke et al. (2015) constataram que corredores do ensino médio com menor força abdução de quadril tiveram maior incidência de dor patelofemoral.

Independente da redução da força do quadril ser resultado da DPF ou a causa, é indiscutível na literatura que o fortalecimento da musculatura do quadril traz resultados favoráveis para indivíduos com DPF. Alguns ensaios clínicos controlados já demonstraram esses benefícios clínicos, quando comparado ao não tratamento ou placebo (Fukuda et al., 2010 e Luedke et al., 2015). Desse modo, até o momento, a avaliação e fortalecimento dessa musculatura é recomendada (Willy et al., 2019) e os efeitos são superiores do que o fortalecimento muscular do quadríceps isolado em indivíduos com essa disfunção (Alammari et al., 2022 e Na et al., 2021).

Para avaliar o complexo pósterolateral do quadril, é utilizado o *Hip Stability Isometric Test* (HipSIT), desenvolvido por Almeida et al. (2017), que tem por finalidade avaliar, concomitantemente, a força muscular dos abdutores, rotadores externos e extensores de quadril (Magalhães et al., 2010). Esse teste foi baseado no exercício de ostra, o qual apresenta elevada atividade eletromiográfica do glúteo médio e máximo, em contrapartida à baixa ativação do músculo tensor da fáscia lata. Nele, o paciente é posicionado em decúbito lateral, com 45° de flexão de quadril e 90° de flexão de joelho, e, solicitado a abrir o joelho superior em aproximadamente 20°, mantendo o contato dos calcanhares. Um dinamômetro manual deve ser posicionado no aspecto lateral da coxa distal superior, cinco centímetros acima da interlinha articular do joelho, para mensuração da força (Almeida et al., 2017).

Considera-se que esse teste talvez seja útil para detectar diferenças entre grupos, uma vez que já foi capaz de detectar déficits de 10% no membro acometido de mulheres jovens atletas com DPF, se aproxima de tarefas funcionais e compreende a ação muscular em mais de um plano de movimento (Almeida et al., 2017). O teste apresenta boa validade e excelente confiabilidade intra (CCI 0,981; IC 95%= 0,966 - 0,990) e entre avaliadores (CCI 0,981; IC 95%= 0,967 - 0,989), com a mínima mudança detectável de 0,034-0,036 kgf/kg.

Recentemente, novas hipóteses foram publicadas e levantam questionamentos quanto a prescrição seletiva dos exercícios para o complexo pósterolateral do quadril (Almeida et al., 2021). Neste sentido, Almeida et al (38) compararam protocolos de fortalecimento do complexo posterolateral e anteromedial do quadril em mulheres com DFP, e não estabeleceram diferenças, com melhora para os dois grupos da dor e função. Aponta-se que essas teorias estão sendo elaboradas a partir dos atuais achados: somação de exercícios independente da

seletividade da musculatura, controle de carga do treino de força e plausibilidade biomecânica do mecanismo das intervenções (Theisen et al., 2022). No entanto, novas pesquisas são sugeridas para comprovação dessas hipóteses.

4.4 Fatores relacionados à análise cinemática

Outro fator importante que tem sido relacionado à DPF são as alterações cinemáticas (Powers et al., 2017). De acordo com os fatores do modelo mecanicista, as principais alterações cinemáticas encontradas em cada fator são a redução da flexão do joelho, eversão excessiva do retropé e adução do quadril aumentada (Ferrari et al., 2018). (No plano sagital, menor flexão do joelho foi referida como um fator de risco para o desenvolvimento da DPF durante a fase de aterrissagem do salto (Powers et al., 2017). Em adição, essa redução foi observada durante a marcha, subida de escadas (De Oliveira Silva et al., 2016) e na corrida (DIERKS et al., 2011) e reconhecida como uma estratégia protetiva durante essas tarefas em pessoas com DPF (Powers et al., 2017). Entretanto, inconsistências desses achados são encontrados em corredores recreacionais (Esculier et al., 2015).

Alterações cinemáticas distais do pé e tornozelo, como a pronação subtalar excessiva com conseqüente rotação da tíbia e fêmur, pode contribuir para a DPF (Powers et al., 2017). Maior pico de eversão do retropé foi observado durante a subida de escada (De Oliveira Silva et al., 2016) e a maior amplitude desse movimento durante a caminhada foi moderadamente associada a adução do quadril na DPF (Barton et al., 2012). No entanto, durante a corrida, somente tendências à eversão excessiva e prolongada foram identificadas (DIERKS et al., 2011). Ademais, adução excessiva do quadril apresenta moderada correlação com a dor

patelofemoral e pode ser encontrada em diversas atividades funcionais. O maior pico da adução do quadril está associado ao desenvolvimento da DPF em corredoras (NOEHREN et al., 2013), mas ainda não há evidências dessa ou de outras associações com a DPF futura em corredores recreativos (Neal et al., 2019).

Outras alterações cinemáticas que também podem diminuir o contato patela-fêmur (Salsich e Perman, 2007) é o desalinhamento dinâmico dos membros inferiores, observado principalmente em atividades funcionais como correr, agachar, subir ou descer escadas (Powers, 2010 e Willy et al., 2019). Indivíduos com DPF, geralmente apresentam, durante análise cinemática de movimento, um ângulo de projeção do joelho aumentado no plano frontal durante descida de escada ou aterrissagem de um salto unipodal (Willson; Davis, 2008) e queda contralateral da pelve, adução do fêmur e do quadril durante a corrida (Dingenen et al., 2019).

Dingenen et al. (2019), na tentativa de determinar a existência de alterações biomecânicas dos membros inferiores entre corredores recreacionais com e sem lesão no joelho, constataram que a análise 2D pode diferenciar corredores com e sem lesão no joelho (Dingenen et al., 2019). Do mesmo modo, Ferreira et al. (2019) tentaram identificar qual atividade, entre marcha, *step down* anterior e lateral, subida e descida de escada e a fase de propulsão e aterrissagem de um salto unipodal, poderia evidenciar alterações cinemáticas do membro inferior de mulheres com DPF.

Ferreira et al. (2019) concluíram que o *step down test* lateral foi o que melhor diferenciou mulheres com DPF de mulheres assintomáticas, já que essa tarefa, aparentemente, requer maior demanda muscular no plano frontal. Todavia, a validação desse achado para a análise bidimensional e para a população de corredores ainda precisa ser investigada.

Frente ao tema proposto, Dor Patelofemoral, e a revisão de literatura estudada e apresentada, a presente dissertação segue com a apresentação de um artigo científico relacionado ao tema.

5. ARTIGO CIENTÍFICO

Artigo será submetido para o periódico: *Human Movement Science*, Qualis A2
Fator de Impacto 2.397.

Título:

Análise da capacidade funcional, volume da corrida, flexibilidade, força muscular e valores angulares bidimensionais (2D) de corredores de rua recreacionais com dor patelofemoral: um estudo transversal.

Autores: Daniele Pereira do Nascimento¹, Laryssa Oliveira Silva¹, Christiane de Souza Guerino Macedo¹

¹Universidade Estadual de Londrina (UEL), Physical Therapy Department, Postgraduate program in Rehabilitation Sciences, UEL/UNOPAR.

Corresponding author

Christiane de Souza Guerino Macedo. Universidade Estadual de Londrina, Health Sciences Center, Department of Physiotherapy / UEL. Av. Robert Koch, 60, Londrina - Paraná, Brazil. Zip Code: 86038-350. Email: chmacedouel@yahoo.com.br

Declarations of interest: none

Resumo

Introdução: A dor patelofemoral (DPF) está relacionada a disfunções biomecânicas, entretanto as alterações dos movimentos são incertas em corredores. **Objetivo:** Analisar o volume semanal da corrida, capacidade funcional, flexibilidade, força muscular, valores angulares bidimensionais (2D) durante a corrida e no teste *Step Down* lateral (SDL) em corredores com e sem DPF. **Materiais e método:** Foram avaliados 81 corredores recreacionais, 40 com DPF (19 homens, 21 mulheres) e 41 sem dor (grupo controle, 24 homens, 17 mulheres). Todos responderam ao questionário de caracterização da amostra e da corrida, as escalas *Anterior Knee Pain Scale* e *Lower Extremity Functional Scale*. Foram avaliadas a flexibilidade dos isquiotibiais, quadríceps, sóleo e gastrocnêmios; e força muscular isométrica dos extensores de joelho e dos rotadores externos/abdutores do quadril. Além disso, obteve-se os valores angulares 2D durante o SDL e no apoio médio da corrida. **Resultados:** O grupo dos corredores com DPF apresentou menor volume de corrida semanal ($p=0,049$), pior capacidade funcional dos membros inferiores ($p<0,001$), maior inclinação ipsilateral do tronco durante o SDL ($p=0,002$), e maior inclinação ipsilateral do tronco ($p<0,001$) com menor queda contralateral da pelve ($p=0,006$) no plano frontal da corrida. Não houve diferenças para força muscular do quadríceps e quadril e flexibilidade do sóleo, gastrocnêmios e quadríceps, exceto para os isquiotibiais, os quais foram menos flexíveis no grupo controle. As correlações foram baixas ($p=0,30$ a $0,49$) entre a força muscular, capacidade funcional, volume de corrida e variáveis angulares 2D analisadas. No entanto, no plano frontal da corrida, a adução do quadril no grupo DPF e inclinação ipsilateral de tronco no grupo controle, apresentaram correlação moderada com a força isométrica do quadríceps ($p=0,50$ a $0,69$). **Conclusão:** Corredores recreacionais com dor patelofemoral percorrem distâncias menores, têm menor capacidade funcional dos membros inferiores, maior inclinação ipsilateral do tronco durante o SDL e maior inclinação ipsilateral do tronco e menor queda contralateral da pelve no apoio médio da corrida. Corredores sem dor patelofemoral apresentam maior rigidez muscular dos isquiotibiais. Contudo, corredores recreacionais não demonstram diferenças em relação a força muscular independente da dor. Além disso, somente a força muscular do quadríceps se correlacionou moderadamente com a adução do quadril e inclinação lateral do tronco no plano frontal da corrida. Os achados sugerem que esses parâmetros podem ser úteis na avaliação de corredores recreativos com DPF e podem fornecer novas estratégias de prevenção e reabilitação.

Palavras-chave: Síndrome da Dor Patelofemoral; Corrida; Movimento; Fenômenos Biomecânicos.

Destaques

- Corredores com dor patelofemoral (DPF) apresentam menor capacidade funcional;
- Corredores recreacionais com DPF estabeleceram menor volume semanal;
- Corredores com DPF apresentam maior flexibilidade dos isquiotibiais do que controles;
- Corredores com DPF exibiram maior inclinação do tronco durante uma tarefa dinâmica;
- Corredores com DPF correm com maior inclinação do tronco e menor queda pélvica;

Introdução

Corredores recreacionais correspondem ao maior perfil de corredores no mundo (Hespanhol Junior et al., 2013). Apesar de inúmeros benefícios para a saúde (Hespanhol Junior et al., 2015), a prática de corrida está associada à elevada taxa de lesões musculoesqueléticas, na qual a articulação mais acometida é o joelho (>40%) (Hespanhol Junior et al., 2013; Mousavi et al., 2021) e a dor patelofemoral (DPF) é responsável por aproximadamente 16,5 – 20% de todas as lesões (Esculier et al., 2020). A DPF é descrita como uma complexa interação entre aspectos anatômicos, biomecânicos, psicológicos, sociais e comportamentais (Powers et al., 2017). Existem dois modelos que tentam elucidar a etiologia dessa condição: o modelo patomecânico – cargas compressivas podem afetar estruturas circunjacentes da articulação e contribuir para nocicepção local, e o não-patomecânico – não há somente um estímulo nociceptivo, mas uma associação de alterações somatossensoriais, sensório-motoras e psicossociais (Powers et al., 2017; Willy et al., 2019).

O modelo patomecânico têm sido a abordagem mais aceita e estudada (Powers et al., 2017), e está dividido em três categorias: fatores locais (contribuição dos tecidos circunjacentes e da articulação patelofemoral para a DPF), distais (colaboração do pé e tornozelo) e proximais (alterações a nível de quadril, pelve e

tronco) (Willy et al., 2019). Entre os fatores locais são apontados a redução da flexão do joelho (Ferrari et al., 2018) durante a fase de aterrissagem do salto, na marcha, subida de escadas (de Oliveira Silva et al., 2015, 2016) e na corrida (DIERKS et al., 2011). Entretanto, inconsistências desses achados são encontrados em corredores recreacionais (Esculier et al., 2015). Entre os fatores distais aponta-se a eversão excessiva do retropé (Ferrari et al., 2018) durante a subida de escada (de Oliveira Silva et al., 2016) e caminhada (Barton et al., 2012), com consequente rotação da tibia e fêmur (Willy et al., 2019). No entanto, durante a corrida, somente tendências à eversão excessiva e prolongada foram identificadas, porém com evidências limitadas de que seja a causa da DPF (Neal et al., 2014). Por fim, para os fatores proximais encontra-se que o maior pico da adução do quadril está associado ao desenvolvimento da DPF em corredoras (NOEHREN et al., 2013), mas ainda não há evidências dessa ou de outras associações com a DPF em corredores recreativos (Neal et al., 2019).

Além das alterações cinemáticas, existem alterações da função muscular e de flexibilidade que correspondem aos fatores propostos pelo modelo patomecânico (Willy et al., 2019). Déficits de força e flexibilidade do quadríceps e flexibilidade dos isquiotibiais são apontados como coadjuvantes para persistência dos sintomas e podem estar envolvidos na ocorrência da DPF (Willy et al., 2019), porém somente a redução da flexibilidade do quadríceps mostrou ser fator de risco para a DPF (Witvrouw et al., 2000), mas não em corredores recreacionais. A fraqueza do quadríceps foi sugerida como fator preditivo primário para DPF, contudo, não é um achado comum em corredores (Neal et al., 2019). Alguns estudos suportam a existência de diferenças na flexibilidade da musculatura da panturrilha (gastrocnêmios e sóleo) em pessoas com DPF (Barton et al., 2010), mas outros não (Lankhorst et al., 2012; McPoil et al., 2011) e a influência desses fatores em corredores recreacionais com DPF, também é desconhecida.

Em adição, os déficits de força dos extensores, abdutores e rotadores externos são exibidos em pessoas com DPF, mas não associados a promoção dessa condição (Neal et al., 2019; Powers et al., 2017; Willy et al., 2019). De modo contrário, um aumento na força abduutora excêntrica do quadril reduz o risco de desenvolvimento da DPF em corredores recreacionais (Ramskov et al., 2015). Não obstante, a fraqueza da força do quadril pode influenciar a posição do tronco no

plano frontal (inclinação ipsilateral do tronco) (Powers, 2010) e sagital (tronco mais ereto) (Teng & Powers, 2014) como estratégias compensatórias. Para entender a interação dos inúmeros fatores associados a dor patelofemoral, apontam-se associações clínicas entre força, movimento e função (Soares et al., 2022), porém a interação entre eles permanece incerta (Powers et al., 2017). Portanto, apontar diferenças e investigar essas relações em diferentes atividades e populações, poderá contribuir para um melhor entendimento e facilitar o processo de decisão terapêutica.

Dessa forma, este estudo pretende avaliar as diferenças do volume semanal de corrida, da capacidade funcional, flexibilidade de quadríceps, isquiotibiais, gastrocnêmios e sóleo, força muscular de quadríceps e musculatura pósterolateral do quadril, movimentos bidimensionais durante a corrida e execução do teste *Step Down Lateral*, entre corredores com e sem dor patelofemoral. E, investigar a associação entre força muscular, volume semanal de corrida, capacidade funcional e movimentos bidimensionais no plano frontal e sagital. Como hipótese espera-se que corredores recreacionais de rua com dor patelofemoral apresentem menor volume semanal de corrida, pior capacidade funcional, encurtamento de quadríceps, isquiotibiais, gastrocnêmios e sóleo, fraqueza muscular do quadríceps e do complexo pósterolateral do quadril. Bem como, maiores alterações angulares de projeção do joelho, adução do quadril e inclinação ipsilateral do tronco na análise cinemática bidimensional da corrida e no teste *step down lateral*, quando comparados a corredores sem dor patelofemoral. Secundariamente, espera-se validar a hipótese de que força muscular, volume semanal de corrida, capacidade funcional e valores angulares bidimensionais estabeleçam associações entre si, devido a influência dos vários fatores (locais, proximais e distais) na relação com a dor patelofemoral.

Método

Tipo de Estudo

Trata-se de um estudo transversal, na área de biomecânica e análise do movimento, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade (parecer nº 5.211.963). Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e

esclarecido previamente a participação. Todos os dados foram reportados seguindo as recomendações do *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE)* para estudos transversais.

Participantes

O cálculo amostral foi realizado com base no estudo de análise cinemática bidimensional de Dingenen et al. e considerados os resultados da queda contralateral da pelve, medida em graus ($^{\circ}$), que apresentou os valores $7,8 \pm 2,5$ para o grupo de corredores com lesão no joelho e $6,2 \pm 2,1$ para o grupo sem lesão (Dingenen et al., 2019). Utilizou-se o programa *Power and Sample Size* com Intervalo de Confiança de 95%, nível alfa de 5% e poder do teste de 80%. Estabeleceu-se uma amostra mínima de 80 participantes, distribuídos igualmente em dois grupos: grupo DPF (corredores com dor patelofemoral, n=40) e grupo controle (corredores sem dor, n=40).

Como critérios de inclusão foram recrutados corredores recreacionais de rua (Hespanhol Junior et al., 2016) de 18 a 40 anos, ambos os sexos, com prática regular autorrelatada mínima de seis meses, livres de qualquer condição de saúde que pudesse impedir a corrida. Para o grupo com dor patelofemoral, foram utilizados os critérios estabelecidos por Willy e colaboradores (2019) que incluíram: presença de dor retro ou peripatelar; início insidioso; reprodução dos sintomas ou exacerbação da dor em pelo menos uma atividade, como corrida, subida e descida de escada, agachamento, tempo prolongado na posição sentada, entre outras; e duração dos sintomas de no mínimo seis semanas (Willy et al., 2019). Como critério de exclusão, foi considerada a incapacidade de concluir o protocolo de avaliação. Assim, a amostra final foi composta por 81 corredores recreacionais divididos em grupo com DPF (n= 40, 19 homens e 21 mulheres) e grupo controle (n= 41, 24 homens e 17 mulheres).

Procedimentos

O recrutamento e o protocolo de avaliação foram realizados no segundo semestre de 2021, em laboratório de análise de marcha, com horário prévio agendado. Inicialmente, os participantes assinaram um termo de consentimento livre

e esclarecido, preencheram um questionário para caracterização da amostra e da corrida, com dados como idade, peso, altura, IMC, distância percorrida por semana, membro inferior dominante ou com dor patelofemoral para o grupo com DPF. Foi aplicada a Escala Numérica de Dor (END) (Hawker et al., 2011), Escala de Desordens Patelofemorais *Anterior Knee Pain Scale* (AKPS) (Zamboti et al., 2017) e o questionário *Lower Extremity Functional Scale* (LEFS) (Dingenen et al., 2019).

Após essa etapa, o protocolo de avaliação foi desenvolvido por um segundo avaliador, especializado em fisioterapia traumato-ortopédica funcional, com mais de dois anos de experiência clínica na avaliação e tratamento dos membros inferiores, e sem conhecimento da distribuição dos grupos. Os testes foram executados com sequência pré-estabelecida: testes de flexibilidade e força muscular, análise cinemática bidimensional no teste *Step Down* lateral (SDL) e da corrida (plano frontal e sagital), com aquecimento prévio na esteira por seis minutos. A sequência dos testes foi escolhida a fim de evitar fadiga e reproduzir a sequência realizada na prática clínica do fisioterapeuta. O fluxograma das avaliações está apresentado na figura 1.

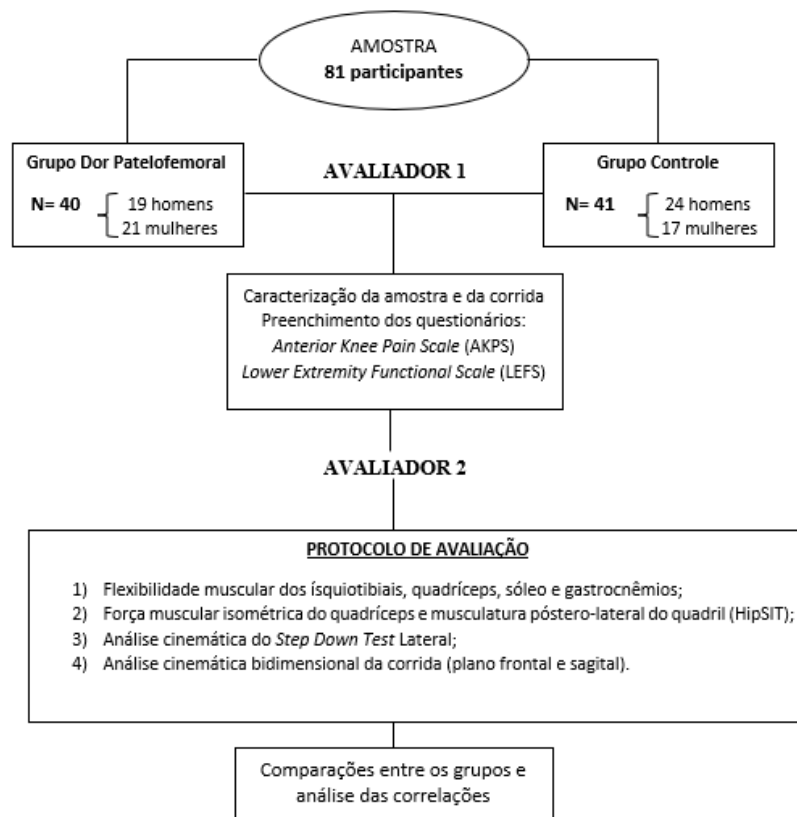


Figura 1: Fluxograma das avaliações.

O teste de extensão passiva do joelho foi utilizado para avaliação da flexibilidade muscular dos isquiotibiais e o teste de flexão passiva do joelho avaliou a flexibilidade do quadríceps femoral (Drew et al., 2019). Para avaliação da flexibilidade do sóleo e gastrocnêmios, foram empregados os testes de dorsiflexão do tornozelo com o joelho flexionado (teste de Lunge) e o teste de dorsiflexão do tornozelo com o joelho estendido, respectivamente (Drew et al., 2019). Foram avaliadas três repetições em graus para cada teste, com um minuto de intervalo entre eles, por meio de um inclinômetro (Goniometer Pro[®], desenvolvedor 5fuf5, aplicativo goniométrico para iPhone[®]) e foi considerada a média das repetições de cada teste para a composição do resultado.

Para mensuração da força muscular isométrica foi utilizado um dinamômetro manual digital microFET2[®] (Hoggan Health Industries, Salt Lake City, UT, USA). Os músculos abdutores, rotadores externos e extensores de quadril, foram avaliados pelo *Hip Stability Isometric Test* (HipSIT) (Almeida et al., 2017). A força dos músculos quadríceps femoral foi analisada como proposto por Almeida et al. (Almeida et al., 2017). Para cada teste de força a 90 graus de flexão do joelho, foram realizadas duas contrações isométricas voluntárias máxima (CIVM) de cinco segundos de duração, com trinta segundos de descanso entre cada tentativa, e um intervalo de um minuto entre cada teste. Antes de cada teste, houve uma tentativa para familiarização dos participantes. No caso de compensações durante a execução dos testes (p. ex., inclinação posterior do tronco), os valores foram descartados e uma nova tentativa foi realizada após vinte segundos (Almeida et al., 2017, 2019). Em adição, todos os participantes foram incentivados verbalmente durante as tentativas dos testes de força. Por fim, os dados de força obtidos em quilograma-força (kgf) foram normalizados pelo peso corporal de cada participante (força/peso corporal.100) (Almeida et al., 2017).

Para a análise cinemática frontal bidimensional (2D), foram fixados marcadores reflexivos no manúbrio, púbis, espinhas ilíacas anterossuperiores (EIAS), ponto médio da articulação tibiofemoral (centro da patela), e ponto médio da extremidade distal da tíbia (entre os maléolos). Para análise sagital, os marcadores foram colocados no nível de C7, posteriormente ao músculo esternocleidomastóideo, trocânter maior, epicôndilo lateral do fêmur e maléolo lateral. Duas câmeras

(Logitech modelo C920 Full HD 1080p) foram posicionadas a um metro de altura do chão e a dois metros de distância do participante (Almeida et al., 2016; Dingenen et al., 2019; Willson & Davis, 2008) e as gravações foram analisadas pelo programa myoResearch® 3.8.6 – Biomechanical Analysis Software (NORAXON, USA), por avaliador cego.

Para avaliação do teste *Step Down* lateral (SDL) foram considerados: 1) inclinação lateral do tronco (Straub & Powers, 2022); 2) queda contralateral da pelve (24); 3) ângulo de projeção do plano frontal do joelho (Schurr et al., 2017; Willson & Davis, 2008). Valores positivos foram atribuídos para inclinação ipsilateral do tronco, queda contralateral da pelve e posição medial do joelho (valgo dinâmico), enquanto para inclinação contralateral do tronco, elevação contralateral da pelve e posição lateral do joelho (varo dinâmico) foram atribuídos valores negativos, no momento final da excursão (descida do degrau) durante a flexão máxima do joelho em apoio unipodal.

Sem instruções específicas sobre o alinhamento das articulações, cada participante foi orientado a partir da extensão máxima do joelho do membro inferior apoiado, simular a descida de um degrau até o toque do calcanhar do membro contralateral no solo (sem suporte do peso corporal) e voltar a posição inicial. Os participantes permaneceram com os braços cruzados na frente do tronco durante toda a execução e foram solicitados a repetir três vezes cada movimento, lentamente, com aproximadamente cinco segundos de duração para cada repetição. Foi utilizado um degrau com 20 centímetros de altura, 30 centímetros de largura e 30 centímetros de profundidade. Para posição inicial do SDL, a borda medial do pé apoiado foi alinhado com a borda medial do degrau, com o membro contralateral suspenso no ar, ao lado da perna de apoio (Lopes Ferreira et al., 2019). Na familiarização com o teste, o participante foi instruído a realizar três repetições prévias, com um período de sessenta segundos de descanso, antes do início da avaliação. Como resultado foi considerada a média dos três valores obtidos no teste (Almeida et al., 2016; Lopes Ferreira et al., 2019).

Para análise da cinemática bidimensional da corrida foi usada a metodologia proposta por Dingenen et al., (Dingenen et al., 2018, 2019) e em adição, foram considerados no apoio médio: 1) inclinação lateral do tronco (Straub & Powers, 2022); 2) queda contralateral da pelve; 3) ângulo de projeção do plano frontal do

joelho; 4) adução femoral e 5) adução do quadril (Dingenen et al., 2019). No plano sagital, foram considerados, no apoio médio: 1) inclinação anterior do tronco; 2) flexão do quadril (Schurr et al., 2017); 3) flexão de joelho (Schurr et al., 2017); 4) dorsiflexão do tornozelo (Dingenen et al., 2019).

Para a análise bidimensional da corrida todos os participantes portaram seus próprios tênis de corrida, shorts de compressão ou térmico, mulheres com top e homens sem camisa. Foi coletado um vídeo de trinta segundos e considerado a média de sete passos como desfecho para cada ângulo. Os participantes foram orientados a correr na velocidade de sua preferência, o mais próximo da velocidade habitual. Como medida secundária, foi analisada a cadência (número de passos durante trinta segundos multiplicado por dois) e a velocidade da corrida de cada participante (Dingenen et al., 2019).

Processamento e análises dos dados

Na análise estatística, o teste de *Shapiro Wilk* determinou a distribuição de normalidade dos dados. Para comparação das características gerais dos participantes, flexibilidade e força muscular entre os grupos, foi utilizado o teste de *Mann Whitney*, e as variáveis foram expressas em mediana e intervalo interquartil [25-75%]. A comparação dos valores angulares do *step down test* lateral, e do plano frontal e sagital da corrida, foi estabelecida pelo teste *t* de *student* para amostras independentes, e os dados numéricos estão expressos em média (desvio-padrão), com significância de 5% ($p < 0,05$).

Também foi investigada a correlação linear de desfechos clínicos (força muscular, capacidade funcional e volume de corrida) e valores angulares 2D, no grupo com e sem DPF, pelo Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ). Foi considerado correlação insignificante ($\rho < 0,30$), baixa ($\rho = 0,30$ a $0,49$), moderada ($\rho = 0,50$ a $0,69$), alta ($\rho = 0,70$ a $0,90$) e muito alta ($\rho > 0,90$) (Mukaka, 2012). Todos os dados foram analisados por meio do programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS®) 21.0.

Resultados

Características gerais dos participantes e da corrida

Não foram detectadas diferenças significativas nas características dos participantes e da corrida entre os grupos, com exceção do volume de corrida percorrido semanalmente, que foi menor no grupo de corredores com DPF (Tabela 1). Como esperado, o grupo DPF apresentou dor e pior capacidade funcional dos membros inferiores, com as médias das pontuações na Escala de Desordens Patelofemorais (AKPS) e no questionário *Lower Extremity Functional Scale* (LEFS) menores em comparação ao grupo controle (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação das características gerais dos corredores sem (grupo controle) e com dor patelofemoral (grupo com DPF).

Variáveis	Grupo controle (n=41)	Grupo com DPF (n=40)	Valor de p
Sexo, M/F (%)	24/17 (59/41)	19/21 (47/53)	-
Idade, anos	28 [19 – 40]	29,50 [20 – 40]	0,192
Peso, kg	71 [54 – 94]	74,50 [50 – 117]	0,478
Altura, m	1,73 [1,58 – 1,96]	1,72 [1,54 – 1,88]	0,723
IMC, kg/m ²	23,80 [19,70 – 31,40]	24,70 [19,50 – 40]	0,238
KM semanal, km	20 [5 – 50]	15,50 [5 – 50]	0,049*
Velocidade, km/h	10 [6,20 – 14]	9,45 [7,10 – 14,50]	0,106
Cadência, passos/m	168 [152 – 192]	168 [156 – 192]	0,670
AKPS (0 – 100)	100 [89 – 100]	87,00 [53 – 98]	0,000*
LEFS (0 – 80)	80 [68 – 80]	72 [46 – 80]	0,000*
END (0 – 10)	0	6 [3 – 7]	-

Dados categóricos descritos em frequência absoluta (frequência relativa). M: masculino; F: feminino; Dados numéricos descritos em mediana [intervalo interquartilico 25 – 75%]; Peso expresso em quilogramas (kg); Altura expressa em metros (m); IMC: índice de massa corporal, em quilogramas por metro ao quadrado (kg/m²); KM semanal: distância percorrida por semana em quilômetros (km); Velocidade: em quilômetros por hora (km/h); Cadência: número de passos por minuto; AKPS: Escala de Desordens Patelofemorais, expressa em pontos; LEFS: *Lower Extremity Functional Scale*, expressa em pontos; END: Escala Numérica de Dor, expressa em pontos. *Significância de 5% ($p < 0,05$), teste de Mann Whitney.

Flexibilidade e força muscular

Para na análise da flexibilidade muscular, ângulos maiores indicam menor flexibilidade dos isquiotibiais e maior flexibilidade do quadríceps e músculos da panturrilha. Dessa forma, não foram observadas diferenças para flexibilidade dos músculos da panturrilha (gastrocnêmios e sóleo) e da coxa (quadríceps), entretanto a flexibilidade dos músculos isquiotibiais foi maior no grupo com DPF. Não houve diferença entre os grupos para a força dos músculos pósterolaterais do quadril avaliada pelo teste HipSIT e para a força muscular do quadríceps femoral (Tabela 2).

Tabela 2. Comparações da flexibilidade muscular e do pico de força isométrica da musculatura pósterolateral do quadril (HipSIT) e do quadríceps femoral (FM Quadríceps) entre os grupos de corredores sem (grupo controle) e com dor patelofemoral (grupo DPF).

Variáveis	Grupo controle (n=41)	Grupo DPF (n=40)	Valor de p
FLEX IT, graus	21,70 [2 – 64,70]	13,85 [0 – 47,70]	0,037*
FLEX Q, graus	147 [136 – 158]	146,80 [82,70 – 158]	0,762
LUNGE, graus	43 [30 – 54]	41,50 [32 – 61]	0,397
LUNGE JE, graus	39,67 [30 – 52]	40,67 [29,67 - 72,67]	0,571
HipSIT, kgf/kg	38,40 [23,40 – 61,30]	35,60 [20,30 – 53,30]	0,137
FM Q, kgf/kg	56,10 [36,80 – 102,60]	53,90 [27,70 – 84,30]	0,211

Dados numéricos descritos em mediana [intervalo interquartilico 25 – 75%]; Abreviação: FLEX IT – flexibilidade dos ísquiotibiais; FLEX Q – flexibilidade do quadríceps; Lunge – teste de flexibilidade do sóleo; Lunge JE (joelho estendido) – teste de flexibilidade dos gastrocnêmios; HipSIT (*Hip Stability Isometric Test*) – teste para avaliação, concomitante, da força muscular dos abdutores, rotadores externos e extensores de quadril, expresso em quilogramas-força (kgf), normalizado previamente pelo peso corporal (kg) do participante; FM Q – força muscular do quadríceps femoral, expresso em kgf, normalizado previamente pelo peso corporal (kg) de cada participante; Ângulos maiores indicam menor flexibilidade dos isquiotibiais e maior flexibilidade do quadríceps e músculos da panturrilha e estão expressos em graus. *Significância de 5% ($p < 0,05$), teste de Mann Whitney U.

Valores angulares bidimensionais (2D)

As análises angulares durante o teste *step down lateral* (SDL) demonstraram que os corredores com DPF tem maior inclinação ipsilateral do tronco, e sem diferenças do Ângulo de Projeção no Plano Frontal do Joelho e Queda Contralateral da Pelve entre os grupos (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação das variáveis cinemáticas bidimensionais (graus) entre os grupos de corredores recreacionais sem (grupo controle) e com dor patelofemoral (grupo DPF) no *Step Down Test Lateral*.

Step Down Lateral	Grupo controle (n=41)	Grupo DPF (n=40)	Intervalo de Confiança 95%		Valor de p
			Limite Inferior	Limite Superior	
APPF Joelho	15,35 (6,35)	12,84 (8,98)	-1,30 – 5,68		0,213
Queda Contralateral da Pelve	5,34 (4,49)	3,29 (5,00)	-0,05 – 4,13		0,056
Inclinação Ipsilateral do Tronco	0,13 (3,84)	3,08 (4,56)	-4,79 – -1,07		0,002*

Dados numéricos descritos em média (desvio-padrão); Variáveis cinemáticas expressas em graus; Abreviação: APPF – Ângulo de Projeção no Plano Frontal do Joelho. *Significância estatística de 5% ($p \leq 0,05$), teste t de Student.

Na avaliação da corrida no plano frontal os corredores com DPF também obtiveram maior inclinação ipsilateral do tronco e menor queda contralateral da pelve

(Tabela 4), porém as análises angulares bidimensionais no plano sagital não apontaram diferenças entre os grupos (Tabela 4).

Tabela 4. Análise bidimensional no plano frontal e sagital durante o apoio médio da corrida para corredores sem (grupo controle) e com dor patelofemoral (grupo DPF).

	Grupo controle (n=40)	Grupo DPF (n=41)	Intervalo de Confiança 95%		Valor de <i>p</i>
			Limite Inferior	Limite Superior	
Frontal					
Inclinação Ipsilateral do Tronco	-0,5 (2,4)	1,9 (2,8)	-3,51 – -1,18		0,000*
Queda Contralateral da Pelve	6,9 (2,9)	4,3 (4,9)	0,74 – 4,31		0,006*
APPF Joelho	-0,4 (5,1)	0,1 (5,3)	-2,78 – 1,83		0,683
Adução Femoral	84,2 (2,5)	83,0 (3,2)	-0,11 – 2,41		0,073
Adução do Quadril	77,3 (2,9)	78,7 (5,4)	-3,32 – 0,57		0,159
Sagital					
Inclinação Anterior do Tronco	8,8 (3,7)	9,0 (4,0)	-1,90 – 1,48		0,804
Flexão do Quadril	24,7 (6,2)	26,1 (6,6)	-4,27 – 1,38		0,311
Flexão do Joelho	41,4 (5,5)	41,7 (6,6)	-2,95 – 2,40		0,841
Dorsiflexão do Tornozelo	25,5 (2,9)	24,6 (3,7)	-0,61 – 2,32		0,251

Dados numéricos descritos em média (desvio-padrão); foi considerada a média de sete passos como desfecho para cada ângulo; Ângulos indicam o pico no apoio médio da corrida e estão expressos em graus; Abreviação: APPF – Ângulo de Projeção no Plano Frontal do Joelho. *Significância estatística de 5% ($p \leq 0,05$), teste t de Student.

Correlações força muscular e valores angulares bidimensionais (2D)

A tabela 5 apresenta os resultados das correlações entre a força muscular do quadril (HipSIT) e do quadríceps com os valores angulares da análise 2D.

Tabela 5. Correlações entre a força muscular do quadril (HipSIT) e do quadríceps com variáveis cinemáticas bidimensionais.

	Grupo DPF		Grupo Controle	
	HipSIT	FM quadríceps	HipSIT	FM quadríceps
<u>Step Down Lateral</u>				
APPF Joelho	$\rho=-0,386, p=0,014$	$\rho=-0,238, p=0,140$	$\rho=0,273, p=0,085$	$\rho=-0,003, p=0,983$
Queda Contralateral da Pelve	$\rho=-0,227, p=0,158$	$\rho=-0,377, p=0,016$	$\rho=-0,390, p=0,049$	$\rho=-0,195, p=0,223$
Inclinação Ipsilateral do Tronco	$\rho=0,234, p=0,147$	$\rho=0,391, p=0,013$	$\rho=0,175, p=0,275$	$\rho=0,029, p=0,859$
<u>Corrida análise no Plano Frontal</u>				
Inclinação Ipsilateral do Tronco	$\rho=0,401, p=0,010$	$\rho=0,436, p=0,005$	$\rho=0,287, p=0,069$	$\rho=0,510^*, p=0,001$
Queda Contralateral da Pelve	$\rho=-0,419, p=0,007$	$\rho=-0,466, p=0,002$	$\rho=0,031, p=0,849$	$\rho=0,173, p=0,281$
APPF Joelho	$\rho=-0,305, p=0,056$	$\rho=-0,329, p=0,038$	$\rho=-0,045, p=0,780$	$\rho=-0,034, p=0,831$
Adução Femoral	$\rho=0,168, p=0,301$	$\rho=0,135, p=0,407$	$\rho=0,140, p=0,382$	$\rho=0,227, p=0,154$
Adução do Quadril	$\rho=0,490, p=0,001$	$\rho=0,543^*, p=0,000$	$\rho=0,083, p=0,605$	$\rho=0,032, p=0,845$
<u>Corrida análise no Plano Sagital</u>				
Inclinação Anterior do Tronco	$\rho=-0,142, p=0,383$	$\rho=-0,088, p=0,591$	$\rho=-0,025, p=0,875$	$\rho=0,153, p=0,339$
Flexão do Quadril	$\rho=-0,070, p=0,667$	$\rho=-0,045, p=0,781$	$\rho=0,086, p=0,592$	$\rho=0,208, p=0,192$
Flexão do Joelho	$\rho=-0,114, p=0,482$	$\rho=0,044, p=0,789$	$\rho=0,242, p=0,127$	$\rho=0,232, p=0,144$
Dorsiflexão do Tornozelo	$\rho=-0,350, p=0,027$	$\rho=-0,037, p=0,823$	$\rho=0,186, p=0,245$	$\rho=0,102, p=0,524$

Abreviação: ρ – coeficiente de correlação de Spearman. *Correlação moderada ($r = 0,50$ a $0,69$).

No grupo com dor patelofemoral a força muscular do quadríceps femoral expressou baixa correlação com dor/limitação funcional/AKPS ($\rho=0,34, p=0,033$) e capacidade funcional dos membros inferiores/LEFS ($\rho=0,43, p=0,006$). Também, a dor/limitação funcional/AKPS apontou baixa associação com a distância percorrida semanalmente ($\rho=0,43, p=0,006$).

Discussão

Os achados deste estudo indicam que corredores com dor patelofemoral (DPF) percorrem distâncias menores, têm maior incapacidade funcional, apresentam maior flexibilidade dos músculos isquiotibiais, maior inclinação lateral do tronco no *Step Down Test* lateral, bem como maior inclinação ipsilateral do tronco e menor queda contralateral da pelve durante o apoio médio no plano frontal da corrida.

Como esperado, corredores com DPF apresentaram maiores sintomas, pior nível de capacidade funcional dos membros inferiores e menor volume de corrida semanal. Corroborando com nossos achados, Zamboti et al (Zamboti et al., 2017) apontaram maior dor em mulheres jovens com DPF, Luz et al.(Luz et al., 2021) e Pazzinatto et al.(Pazzinatto et al., 2017) estabeleceram que a dor está presente em atividades esportivas e funcionais com relação direta entre volume semanal de corrida e dor, com alteração no volume de corrida (Luz et al., 2021; Nielsen et al., 2013). Acredita-se que um desequilíbrio entre a capacidade (integridade tecidual e nível de treinamento) e demanda (tensão, carga, resistência externa) imposta sobre os tecidos, possa gerar uma lesão (Dye, 1996), com consequente dor.

Segundo Willy et al. fatores locais como a diminuição da flexibilidade de quadríceps, isquiotibiais e músculos da panturrilha, podem estar presentes em pessoas com DPF (Willy et al., 2019). Apesar de existir evidência moderada de que o comprimento dessas musculaturas não são fatores preditivos de dor e função, os autores explicam que o diagnóstico de DFP é feito com um nível razoável de certeza quando o paciente apresenta déficits de mobilidade do pé e/ou déficits de flexibilidade de uma ou mais dessas musculaturas (Willy et al., 2019). Os resultados do presente estudo apontaram que o grupo de corredores com DPF apresentou flexibilidade normal (13,85°) e o grupo controle pareceu ser levemente mais encurtado (21,70°), já que ângulos maiores que vinte graus (>20°) indicam aumento da tensão muscular dos isquiotibiais, ou seja, menor flexibilidade dessa musculatura (Willy et al., 2019). Estes resultados se assemelham ao subgrupo “ativo e flexível” de Drew et al., o qual obteve 22 graus de déficit de flexibilidade dos isquiotibiais (Drew et al., 2019). Em contradição, Steinberg et al., Smith et al. e Piva et al., reportaram encurtamento dos isquiotibiais em sujeitos com DPF (Drew et al., 2019; Piva et al., 2005; Steinberg et al., 2017). Semelhante aos resultados encontrados no presente estudo, a menor flexibilidade dos músculos isquiotibiais, apresentada pelo grupo controle, está descrita na literatura em corredores de longa distância e foi associada ao menor gasto energético na corrida. Jones (2002) sugere que corredores com pouca flexibilidade armazenam maior energia elástica durante a fase de encurtamento do ciclo alongamento-encurtamento em velocidades submáximas, resultante de um sistema musculotendíneo mais rígido (Jones, 2002). Todavia, a

discussão sobre flexibilidade em corredores recreacionais com DPF permanece em aberto.

Para as análises de força muscular, Neal et al apontam que somente dois fatores são preditivos para o desenvolvimento da DPF: 1) maior força isométrica dos abdutores de quadril em adolescentes mensurada por dinamômetro manual e 2) menor força isocinética do quadríceps femoral, medida concentricamente em 60 ou 240°/s, em militares (Neal et al., 2019). Em contradição, os resultados do presente estudo não apontaram diferenças para a força muscular dos músculos do quadril e do quadríceps em corredores com e sem dor patelofemoral, e concordam com Thijs et al., que não identificaram diferença na força muscular isométrica do quadril entre mulheres corredoras iniciantes que desenvolveram ou não DPF (Thijs et al., 2011). Também, a fraqueza dos músculos pósterolaterais do quadril não foi diferente entre os grupos e pode ser mais uma consequência do que causa da DPF (Neal et al., 2019), o que pode explicar por que alguns grupos com DPF se beneficiam do fortalecimento destes músculos (Fukuda et al., 2010, 2012). Estudos futuros devem investigar se a força isométrica do quadríceps, mensurada por dinamometria manual em corredores recreacionais com DPF, pode ter sensibilidade suficiente em detectar diferenças como apontado por Neal et al. para a avaliação de força isocinética de militares (Neal et al., 2019).

A análise bidimensional do teste *Step Down* lateral já foi apresentada em outros estudos. Straub e Powers avaliaram atletas saudáveis e apontaram alta correlação da posição do tronco, em análise bidimensional (2D), com seu correspondente na análise tridimensional (3D) para o teste *step down* anterior (Straub & Powers, 2022). Os resultados do presente estudo estabeleceram que corredores com DPF apresentaram maiores valores angulares para inclinação ipsilateral do tronco, que também foi encontrado no estudo de Kingston et al ao demonstrarem moderada correlação da inclinação lateral do tronco no plano frontal, durante o salto unipodal de mulheres com DPF (Kingston et al., 2020). Entretanto, no futuro, estudos devem considerar a validação bidimensional da inclinação lateral do tronco no *step down test* lateral, já que essa tarefa, aparentemente, requer maior demanda muscular no plano frontal, e, por isso, poderia melhor diferenciar a cinemática da população com DPF (Lopes et al., 2019).

Até a presente data, este estudo foi o primeiro a apontar diferenças na inclinação lateral do tronco no plano frontal da corrida, em análise bidimensional (2D) em corredores recreacionais com dor patelofemoral. Dingenen et al. também avaliaram a posição lateral do tronco no apoio médio da corrida em corredores recreacionais com e sem lesão no joelho e não encontraram diferença entre os grupos (Dingenen et al., 2019). Todavia, a metodologia usada no estudo de Dingenen et al. para análise do tronco foi diferente da nossa e não incluiu somente corredores com DPF (Dingenen et al., 2019). O método de avaliação do tronco e achados deste estudo são consistentes com o de Straub e Powers (Straub & Powers, 2022). Além disso, as medidas do tronco no plano frontal 2D do estudo de Straub e Powers, estabeleceram correlações alta (desaceleração e *step down*) e muita alta (deslocamento lateral, saltos triplos e mudança rápida de direção) com suas respectivas variáveis cinemáticas na análise tridimensional, porém, em atividades dinâmicas funcionais (Straub & Powers, 2022). Os autores sugerem o uso da análise 2D de movimento do tronco no plano frontal como alternativa a análise 3D, principalmente em função do alto custo desta última. Contudo, até o momento, estudos anteriores de validação de medidas cinemáticas relacionadas ao movimento do tronco, avaliaram esse segmento apenas em tarefas funcionais, portanto, comparações diretas dos achados do estudo atual com a literatura existente são limitadas (Schurr et al., 2017; Soares et al., 2022; Straub & Powers, 2022).

Em relação a avaliação do movimento da pelve, a literatura ainda é inconsistente quanto a validação da análise angular bidimensional (2D) durante a corrida. Dingenen et al. reportaram significativa correlação da queda contralateral da pelve na análise 2D com a análise tridimensional (3D) da fase de apoio da corrida (Dingenen et al., 2019). Por outro lado, Maykut et al. não encontrou nenhuma correlação (Maykut et al., 2015). Dingenen et al. encontraram maior queda contralateral da pelve, adução femoral e do quadril, sem alterações da posição do tronco no apoio médio de corredores com dor no joelho (Dingenen et al., 2019). Em contradição, no presente estudo, corredores com DPF apresentaram menor queda contralateral da pelve e maior deslocamento ipsilateral do tronco no plano frontal da corrida, quando comparados a corredores sem dor (Dingenen et al., 2019). Uma possível explicação para as diferenças encontradas entre estes estudos é que a amostra de Dingenen et al. incluía indivíduos com dor na região lateral do joelho

(síndrome da banda iliotibial) (Dingenen et al., 2019) e, no presente estudo, a amostra foi composta somente por corredores com dor patelofemoral (na região anterior do joelho), logo, os achados não podem ser aplicáveis por não contemplarem somente corredores com DPF.

O presente estudo estabeleceu moderada correlação entre a força muscular do quadríceps e a adução do quadril no plano frontal da corrida no grupo com DPF, e com a inclinação ipsilateral do tronco no grupo controle. Ademais, foram estabelecidas correlações baixa entre a força muscular isométrica dos músculos pósterolaterais do quadril e quadríceps com a análise bidimensional (2D) na corrida e no teste funcional *step down* lateral de corredores com DPF. Estes resultados concordam parcialmente com os de Almeida et al. que investigaram a associação entre o ângulo de projeção no plano frontal (2D) do joelho no teste *step down* e força muscular de quadril e tronco, e encontraram que mulheres com DPF demonstraram maiores valores angulares de joelho (valgo dinâmico) e maior fraqueza dos músculos do quadril. Todavia, as associações feitas entre o APPF do joelho e força isométrica dos abdutores de quadril e do complexo pósterolateral foram baixas, não atingiram nível de significância e foram apresentadas no grupo controle (Almeida et al., 2016). Em contraste, Dierks et al., demonstraram forte correlação entre o maior pico de adução do quadril e menor força isométrica dos abdutores do quadril, acentuada principalmente ao final, de uma corrida prolongada (Dierks et al., 2008). Soares et al avaliaram mulheres com DPF, e demonstram correlação positiva moderada entre força isométrica máxima dos músculos abdutores de quadril e a amplitude da pelve no plano frontal durante a subida de escada (Soares et al., 2022). Destaca-se que não há estudos na literatura até o momento, que possam justificar as associações entre força isométrica e cinemática entre corredores com e sem DPF. Por fim, a força isométrica de quadríceps apresentou relação baixa com déficit funcional nos corredores com DPF avaliados, resultados semelhantes aos de Guney et al. (Guney et al., 2016).

Por fim, podem ser apresentadas como limitações deste estudo a avaliação de somente corredores recreacionais com achados que não podem ser generalizados para outros corredores e/ou modalidades esportivas, no entanto, isso pode ser explorado no futuro. Como critérios de inclusão foi considerado somente o autorrelato da prática de corrida. Variáveis relacionadas ao treino de corrida,

treinamento de força e/ou funcional, com ou sem supervisão profissional, não foram controladas e, possivelmente, podem ter modificado os efeitos deste estudo. Também, por ser um estudo transversal as relações de causa e efeito não devem ser estabelecidas. Apesar dos resultados deste estudo contribuírem para um melhor entendimento dos fatores que estão associados ou não a dor patelofemoral em corredores recreacionais, outros fatores não avaliados (p. ex. fatores psicossociais como a catastrofização e cinesiofobia) podem estar envolvidos nessa população e, por isso, estudos prospectivos são necessários a fim de estabelecerem conclusões definitivas. Ainda, somente medidas bidimensionais durante a corrida e no *step down* lateral foram analisadas, o que sugere cautela na interpretação e comparação dos resultados com a análise tridimensional. Mesmo que as variáveis cinemáticas usadas sejam confiáveis e proporcionem estimativas apropriadas do movimento 3D, algumas variáveis ainda precisam ser ponderadas ao sistema padrão-ouro e em corredores recreacionais com DPF. Em contrapartida, como pontos positivos e aplicabilidade clínica dos resultados, destaca-se que a análise 2D pode ser útil para entender sobre as mudanças de movimento presentes em corredores com DPF e auxiliar na tomada de decisão clínica sobre avaliação e tratamento. Também que a idade dos participantes variou de 18 a 40 anos e englobou corredores recreacionais de ambos os sexos, o que representa uma faixa mais ampla do que a maioria dos outros estudos (Neal et al., 2019; Thijs et al., 2011), e a inclusão de adultos, tanto homens quanto mulheres, formou uma amostra heterogênea representativa da população estudada e fortaleceu a validade externa desse estudo.

Conclusão

Corredores com dor patelofemoral percorrem distâncias menores durante a semana, têm maior incapacidade funcional dos membros inferiores, apresentam maior inclinação ipsilateral do tronco na execução do teste *step down* lateral, bem como maior inclinação ipsilateral do tronco e menor queda contralateral da pelve no apoio médio da corrida. Adicionalmente, não há diferenças para força muscular do quadríceps e quadril e flexibilidade dos músculos da panturrilha (sóleo e gastrocnêmios) e coxa (quadríceps), exceto para os músculos isquiotibiais, os quais são menos flexíveis em corredores sem dor patelofemoral. Observou-se correlações moderadas na análise do plano frontal da corrida com a força de quadríceps.

Enquanto, baixas correlações foram encontradas entre déficit funcional, força de quadríceps e volume semanal percorrido, e entre a força isométrica do quadríceps e do quadril e análises bidimensionais no *step down* lateral e na corrida de corredores com dor patelofemoral.

Referências

- Almeida, G. P. L., Albano, T. R., & Melo, A. K. P. (2019). Hand-held dynamometer identifies asymmetries in torque of the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(8), 2494–2501. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5245-3>
- Almeida, G. P. L., das Neves Rodrigues, H. L., de Freitas, B. W., & de Paula Lima, P. O. (2017). Reliability and Validity of the Hip Stability Isometric Test (HipSIT): A New Method to Assess Hip Posterolateral Muscle Strength. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 47(12), 906–913. <https://doi.org/10.2519/jospt.2017.7274>
- Almeida, G. P. L., Silva, França, F. J. R., Magalhães, M. O., Burke, T. N., & Marques, A. P. (2016). Relationship between frontal plane projection angle of the knee and hip and trunk strength in women with and without patellofemoral pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 29(2), 259–266. <https://doi.org/10.3233/BMR-150622>
- Barton, C. J., Bonanno, D., Levinger, P., & Menz, H. B. (2010). Foot and Ankle Characteristics in Patellofemoral Pain Syndrome: A Case Control and Reliability Study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(5), 286–296. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3227>
- Barton, C. J., Levinger, P., Crossley, K. M., Webster, K. E., & Menz, H. B. (2012). The relationship between rearfoot, tibial and hip kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome. *Clinical Biomechanics*, 27(7), 702–705. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2012.02.007>
- de Oliveira Silva, D., Barton, C. J., Pazzinatto, M. F., Briani, R. V., & de Azevedo, F. M. (2016). Proximal mechanics during stair ascent are more discriminate of females with patellofemoral pain than distal mechanics. *Clinical Biomechanics*,

- 35, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.04.009>
- de Oliveira Silva, D., Briani, R. V., Pazzinatto, M. F., Ferrari, D., Aragão, F. A., & de Azevedo, F. M. (2015). Reduced knee flexion is a possible cause of increased loading rates in individuals with patellofemoral pain. *Clinical Biomechanics*, *30*(9), 971–975. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.06.021>
- Dierks, T. A., Manal, K. T., Hamill, J., & Davis, I. (2011). Lower Extremity Kinematics in Runners with Patellofemoral Pain during a Prolonged Run. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *43*(4), 693–700. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f744f5>
- Dierks, T. A., Manal, K. T., Hamill, J., & Davis, I. S. (2008). Proximal and Distal Influences on Hip and Knee Kinematics in Runners With Patellofemoral Pain During a Prolonged Run. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *38*(8), 448–456. <https://doi.org/10.2519/jospt.2008.2490>
- Dingenen, B., Barton, C., Janssen, T., Benoit, A., & Malliaras, P. (2018). Test-retest reliability of two-dimensional video analysis during running. *Physical Therapy in Sport*, *33*, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.06.009>
- Dingenen, B., Malliaras, P., Janssen, T., Ceyskens, L., Vanelderden, R., & Barton, C. J. (2019). Two-dimensional video analysis can discriminate differences in running kinematics between recreational runners with and without running-related knee injury. *Physical Therapy in Sport*, *38*, 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.05.008>
- Drew, B. T., Conaghan, P. G., Smith, T. O., Selfe, J., Hensor, E. M. A., Dube, B., Grainger, A. J., & Redmond, A. C. (2019). Toward the Development of Data-Driven Diagnostic Subgroups for People With Patellofemoral Pain Using Modifiable Clinical, Biomechanical, and Imaging Features. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *49*(7), 536–547. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8607>
- Dye, S. F. (1996). The Knee as a Biologic Transmission With an Envelope of Function. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *325*, 10–18. <https://doi.org/10.1097/00003086-199604000-00003>
- Esculier, J.-F., Maggs, K., Maggs, E., & Dubois, B. (2020). A Contemporary

- Approach to Patellofemoral Pain in Runners. *Journal of Athletic Training*, 55(12), 1206–1214. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0535.19>
- Esculier, J.-F., Roy, J.-S., & Bouyer, L. J. (2015). Lower limb control and strength in runners with and without patellofemoral pain syndrome. *Gait & Posture*, 41(3), 813–819. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.02.020>
- Ferrari, D., Briani, R. V., de Oliveira Silva, D., Pazzinatto, M. F., Ferreira, A. S., Alves, N., & de Azevedo, F. M. (2018). Higher pain level and lower functional capacity are associated with the number of altered kinematics in women with patellofemoral pain. *Gait & Posture*, 60, 268–272. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.07.034>
- Fukuda, T. Y., Melo, W. P., Zaffalon, B. M., Rossetto, F. M., Magalhães, E., Bryk, F. F., & Martin, R. L. (2012). Hip Posterolateral Musculature Strengthening in Sedentary Women With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Clinical Trial With 1-Year Follow-up. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(10), 823–830. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4184>
- Fukuda, T. Y., Rossetto, F. M., Magalhães, E., Bryk, F. F., Garcia Lucareli, P. R., & De Almeida Carvalho, N. A. (2010). Short-Term Effects of Hip Abductors and Lateral Rotators Strengthening in Females With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(11), 736–742. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3246>
- Guney, H., Yuksel, I., Kaya, D., & Doral, M. N. (2016). The relationship between quadriceps strength and joint position sense, functional outcome and painful activities in patellofemoral pain syndrome. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(9), 2966–2972. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3599-3>
- Hawker, G. A., Mian, S., Kendzerska, T., & French, M. (2011). Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF. *Arthritis Care & Research*, 63(S11), S240–S252. <https://doi.org/10.1002/acr.20543>
- Hespanhol Junior, L. C., de Carvalho, A. C. A., Costa, L. O. P., & Lopes, A. D. (2016).

- Lower limb alignment characteristics are not associated with running injuries in runners: Prospective cohort study. *European Journal of Sport Science*, 16(8), 1137–1144. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1195878>
- Hespanhol Junior, L. C., Pena Costa, L. O., & Lopes, A. D. (2013). Previous injuries and some training characteristics predict running-related injuries in recreational runners: a prospective cohort study. *Journal of Physiotherapy*, 59(4), 263–269. [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(13\)70203-0](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(13)70203-0)
- Hespanhol Junior, L. C., Pillay, J. D., van Mechelen, W., & Verhagen, E. (2015). Meta-Analyses of the Effects of Habitual Running on Indices of Health in Physically Inactive Adults. *Sports Medicine*, 45(10), 1455–1468. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0359-y>
- Jones, A. M. (2002). Running Economy is Negatively Related to Sit-and-Reach Test Performance in International-Standard Distance Runners. *International Journal of Sports Medicine*, 23(1), 40–43. <https://doi.org/10.1055/s-2002-19271>
- Kingston, B., Murray, A., Norte, G. E., & Glaviano, N. R. (2020). Validity and reliability of 2-dimensional trunk, hip, and knee frontal plane kinematics during single-leg squat, drop jump, and single-leg hop in females with patellofemoral pain. *Physical Therapy in Sport*, 45, 181–187. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.07.006>
- Lankhorst, N. E., Bierma-Zeinstra, S. M. A., & van Middelkoop, M. (2012). Risk Factors for Patellofemoral Pain Syndrome: A Systematic Review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(2), 81-A12. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3803>
- Lopes Ferreira, C., Barton, G., Delgado Borges, L., dos Anjos Rabelo, N. D., Politti, F., & Garcia Lucareli, P. R. (2019). Step down tests are the tasks that most differentiate the kinematics of women with patellofemoral pain compared to asymptomatic controls. *Gait & Posture*, 72, 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.05.023>
- Luz, B. C., dos Santos, A. F., & Serrão, F. V. (2021). Are hip and knee kinematics and training load characteristics relate to pain intensity and physical function level in runners with Patellofemoral Pain? *Gait & Posture*, 84, 162–168.

<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.11.027>

- Maykut, J. N., Taylor-Haas, J. A., Paterno, M. V, DiCesare, C. A., & Ford, K. R. (2015). Concurrent validity and reliability of 2d kinematic analysis of frontal plane motion during running. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(2), 136–146. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25883862>
- McPoil, T. G., Warren, M., Vicenzino, B., & Cornwall, M. W. (2011). Variations in Foot Posture and Mobility Between Individuals with Patellofemoral Pain and Those in a Control Group. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 101(4), 289–296. <https://doi.org/10.7547/1010289>
- Mousavi, S. H., Hijmans, J. M., Minoonejad, H., Rajabi, R., & Zwerver, J. (2021). Factors Associated With Lower Limb Injuries in Recreational Runners: A Cross-Sectional Survey Including Mental Aspects and Sleep Quality. *Journal of Sports Science and Medicine*, 204–215. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.204>
- Mukaka, M. M. (2012). Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal : The Journal of Medical Association of Malawi*, 24(3), 69–71. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23638278>
- Neal, B. S., Griffiths, I. B., Dowling, G. J., Murley, G. S., Munteanu, S. E., Franettovich Smith, M. M., Collins, N. J., & Barton, C. J. (2014). Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Foot and Ankle Research*, 7(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s13047-014-0055-4>
- Neal, B. S., Lack, S. D., Lankhorst, N. E., Raye, A., Morrissey, D., & van Middelkoop, M. (2019). Risk factors for patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(5), 270. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098890>
- Nielsen, R. O., Nohr, E. A., Rasmussen, S., & Sørensen, H. (2013). Classifying running-related injuries based upon etiology, with emphasis on volume and pace. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(2), 172–179. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23593555>
- Noehren, B., Hamill, J., & Davis, I. (2013). Prospective Evidence for a Hip Etiology in

- Patellofemoral Pain. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(6), 1120–1124. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31828249d2>
- Pazzinatto, M. F., de Oliveira Silva, D., Pradela, J., Coura, M. B., Barton, C., & de Azevedo, F. M. (2017). Local and widespread hyperalgesia in female runners with patellofemoral pain are influenced by running volume. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 362–367. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.09.004>
- Piva, S. R., Goodnite, E. A., & Childs, J. D. (2005). Strength Around the Hip and Flexibility of Soft Tissues in Individuals With and Without Patellofemoral Pain Syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35(12), 793–801. <https://doi.org/10.2519/jospt.2005.35.12.793>
- Powers, C. M. (2010). The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(2), 42–51. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3337>
- Powers, C. M., Witvrouw, E., Davis, I. S., & Crossley, K. M. (2017). 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*, 51(24), 1713–1723. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098717>
- Ramskov, D., Barton, C., Nielsen, R. O., & Rasmussen, S. (2015). High Eccentric Hip Abduction Strength Reduces the Risk of Developing Patellofemoral Pain Among Novice Runners Initiating a Self-Structured Running Program: A 1-Year Observational Study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(3), 153–161. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5091>
- Schurr, S. A., Marshall, A. N., Resch, J. E., & Saliba, S. A. (2017). Two-dimensional video analysis is comparable to 3d motion capture in lower extremity movement assessment. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(2), 163–172. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28515970>
- Soares, A., Lopes Ferreira, C., Glaviano, N. R., Rabelo, N. D. dos A., & Lucareli, P. R. G. (2022). Is there a correlation between isometric muscle strength and the

- kinematics of the pelvis, hip and knee during functional tasks in women with patellofemoral pain? *Physical Therapy in Sport*, 57, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2022.07.003>
- Steinberg, N., Tenenbaum, S., Hershkovitz, I., Zeev, A., & Siev-Ner, I. (2017). Lower extremity and spine characteristics in young dancers with and without patellofemoral pain. *Research in Sports Medicine*, 25(2), 166–180. <https://doi.org/10.1080/15438627.2017.1282355>
- Straub, R. K., & Powers, C. M. (2022). Utility of 2D Video Analysis for Assessing Frontal Plane Trunk and Pelvis Motion during Stepping, Landing, and Change in Direction Tasks: A Validity Study. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(2). <https://doi.org/10.26603/001c.30994>
- Teng, H.-L., & Powers, C. M. (2014). Sagittal Plane Trunk Posture Influences Patellofemoral Joint Stress During Running. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 44(10), 785–792. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.5249>
- Thijs, Y., Pattyn, E., Van Tiggelen, D., Rombaut, L., & Witvrouw, E. (2011). Is Hip Muscle Weakness a Predisposing Factor for Patellofemoral Pain in Female Novice Runners? A Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(9), 1877–1882. <https://doi.org/10.1177/0363546511407617>
- Willson, J. D., & Davis, I. S. (2008). Utility of the Frontal Plane Projection Angle in Females With Patellofemoral Pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38(10), 606–615. <https://doi.org/10.2519/jospt.2008.2706>
- Willy, R. W., Hoglund, L. T., Barton, C. J., Bolgla, L. A., Scalzitti, D. A., Logerstedt, D. S., Lynch, A. D., Snyder-Mackler, L., & McDonough, C. M. (2019). Patellofemoral Pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 49(9), CPG1–CPG95. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.0302>
- Witvrouw, E., Lysens, R., Bellemans, J., Cambier, D., & Vanderstraeten, G. (2000). Intrinsic Risk Factors for the Development of Anterior Knee Pain in an Athletic Population: A Two-Year Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 480–489. <https://doi.org/10.1177/03635465000280040701>
- Zamboti, C. L., Silva Junior, R. A. da, Gobbi, C., Shigaki, L., & Macedo, C. de S. G. (2017). Analysis of pain, functional capacity, muscular strength and balance in

young women with Patellofemoral Pain Syndrome. *Fisioterapia Em Movimento*, 30(3), 433–441. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.003.ao01>

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados deste estudo indicam que corredores com dor patelofemoral (DPF) percorrem distâncias menores, têm maior incapacidade funcional, apresentam maior inclinação lateral do tronco no *Step Down Test* lateral, bem como maior inclinação ipsilateral do tronco e menor queda contralateral da pelve durante o apoio médio no plano frontal da corrida. Contrário à hipótese inicial, não há diferenças para força e flexibilidade muscular dos membros inferiores independente da lesão, corredores recreacionais sem dor patelofemoral, apresentam menor flexibilidade dos isquiotibiais.

Adicionalmente, as correlações revelaram moderada correlação somente entre força de quadríceps e adução do quadril no plano frontal da corrida no grupo com dor patelofemoral, e inclinação ipsilateral do tronco no grupo controle. Além de que, baixa associação entre déficit funcional e força isométrica de quadríceps em corredores com dor e, volume semanal percorrido por corredores com e sem dor patelofemoral. A força isométrica do quadríceps e da musculatura pósterolateral do quadril apresentaram fraca relação com as análises bidimensionais no *step down* lateral e durante a corrida.

Juntos, esses achados ressaltam a importância da abordagem multidimensional em corredores com dor patelofemoral. Os resultados encontrados servem de referência para as principais alterações a serem avaliadas em corredores de rua com dor patelofemoral, e suportam o uso da análise bidimensional com corredores com e sem dor patelofemoral. Maior inclinação ipsilateral do tronco e

menor queda contralateral da pelve no apoio médio da corrida, e maior inclinação ipsilateral do tronco em testes funcionais (*step down*) podem ser pontos de interesse no processo avaliativo, tal como, no tratamento de corredores recreacionais com dor patelofemoral.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALAMMARI, A.; SPENCE, N.; NARAYAN, A.; KARNAD, S. D.; OTTAYIL, Z. C. Effect of hip abductors and lateral rotators' muscle strengthening on pain and functional outcome in adult patients with patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. **Journal of back and musculoskeletal rehabilitation**, p. 1–26, 2022.

Netherlands.

Disponível

em:

<[ALMEIDA, G. P. L.; DAS NEVES RODRIGUES, H. L.; DE FREITAS, B. W.; DE PAULA LIMA, P. O. Reliability and Validity of the Hip Stability Isometric Test \(HipSIT\): A New Method to Assess Hip Posterolateral Muscle Strength. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 47, n. 12, p. 906–913, 2017.](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35988215/#:~:text=Conclusion%3A%20In%20adult%20patients%20with,the%20short- and long term.>. .</p>
</div>
<div data-bbox=)

Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2017.7274>>. .

ALMEIDA, G. P. L.; RODRIGUES, H. L. DAS N.; COELHO, B. A. L.; RODRIGUES, C. A. S.; LIMA, P. O. DE P. Anteromedial versus posterolateral hip musculature strengthening with dose-controlled in women with patellofemoral pain: A randomized controlled trial. **Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine**, v. 49, p. 149–156, 2021. England.

Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33689989/>>. .

BARTON, C. J.; LEVINGER, P.; CROSSLEY, K. M.; WEBSTER, K. E.; MENZ, H. B. The relationship between rearfoot, tibial and hip kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome. **Clinical Biomechanics**, v. 27, n. 7, p. 702–705, 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026800331200040X>>. .

BENNEL, K.; TALBOT, R.; WAJSWELNER, H.; et al. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 44, n. 3, p. 175–180, 1998. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0004951414603779>>. .

BOUDREAU, S. A.; ROYO, A. C.; MATTHEWS, M.; et al. Distinct patterns of variation in the distribution of knee pain. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 16522, 2018. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-018-34950-2>>. .

DAVIS, D. S.; QUINN, R. O.; WHITEMAN, C. T.; WILLIAMS, J. D.; YOUNG, C. R. Concurrent Validity of Four Clinical Tests Used to Measure Hamstring Flexibility. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 583–588, 2008. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00124278-200803000-00035>>. .

DIERKS, T. A.; MANAL, K. T.; HAMILL, J.; DAVIS, I. 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. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00005768-201104000-00019>>. .

DINGENEN, B.; MALLIARAS, P.; JANSSEN, T.; 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. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466853X19301476>>. .

DREW, B. T.; CONAGHAN, P. G.; SMITH, T. O.; et al. Toward the Development of Data-Driven Diagnostic Subgroups for People With Patellofemoral Pain Using Modifiable Clinical, Biomechanical, and Imaging Features. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 49, n. 7, p. 536–547, 2019. Disponível em: <<https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2019.8607>>. .

ESCULIER, J.-F.; ROY, J.-S.; BOUYER, L. J. Lower limb control and strength in runners with and without patellofemoral pain syndrome. **Gait & Posture**, v. 41, n. 3, p. 813–819, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636215000685>>. .

FERRARI, D.; BRIANI, R. V.; DE OLIVEIRA SILVA, D.; et al. Higher pain level and lower functional capacity are associated with the number of altered kinematics in women with patellofemoral pain. **Gait & Posture**, v. 60, p. 268–272, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636217307373>>. .

FUKUDA, T. Y.; ROSSETTO, F. M.; MAGALHÃES, E.; et al. Short-Term Effects of Hip Abductors and Lateral Rotators Strengthening in Females With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Clinical Trial. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 11, p. 736–742, 2010. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2010.3246>>. .

GNAT, R.; KUSZEWSKI, M.; KOCZAR, R.; DZIEWOŃSKA, A. Reliability of the Passive Knee Flexion and Extension Tests in Healthy Subjects. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 33, n. 9, p. 659–665, 2010. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016147541000223X>>. .

GUNEY, H.; YUKSEL, I.; KAYA, D.; DORAL, M. N. Correlation between quadriceps to hamstring ratio and functional outcomes in patellofemoral pain. **The Knee**, v. 23, n.

4, p. 610–615, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0968016016300084>>. .

LOPES FERREIRA, C.; BARTON, G.; DELGADO BORGES, L.; et al. Step down tests are the tasks that most differentiate the kinematics of women with patellofemoral pain compared to asymptomatic controls. **Gait & Posture**, v. 72, p. 129–134, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636219302243>>. .

LUEDKE, L. E.; HEIDERSCHEIT, B. C.; WILLIAMS, D. S. B.; RAUH, M. J. ASSOCIATION OF ISOMETRIC STRENGTH OF HIP AND KNEE MUSCLES WITH INJURY RISK IN HIGH SCHOOL CROSS COUNTRY RUNNERS. **International journal of sports physical therapy**, v. 10, n. 6, p. 868–76, 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26618066>>. .

MAGALHÃES, E.; FUKUDA, T. Y.; SACRAMENTO, S. N.; et al. A Comparison of Hip Strength Between Sedentary Females With and Without Patellofemoral Pain Syndrome. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 10, p. 641–647, 2010. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2010.3120>>. .

DE MOURA CAMPOS CARVALHO-E-SILVA, A. P.; PEIXOTO LEÃO ALMEIDA, G.; OLIVEIRA MAGALHÃES, M.; et al. Dynamic postural stability and muscle strength in patellofemoral pain: Is there a correlation? **The Knee**, v. 23, n. 4, p. 616–621, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0968016016300187>>. .

MUCHA, M. D.; CALDWELL, W.; SCHLUETER, E. L.; WALTERS, C.; HASSEN, A. Hip abductor strength and lower extremity running related injury in distance runners: A systematic review. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 4, p. 349–355, 2017. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S144024401630202X>>. .

NA, Y.; HAN, C.; SHI, Y.; et al. Is Isolated Hip Strengthening or Traditional Knee-Based Strengthening More Effective in Patients With Patellofemoral Pain Syndrome? A Systematic Review With Meta-analysis. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 9, n. 7, p. 232596712110175, 2021. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34377715/>>. .

NEAL, B. S.; LACK, S. D.; LANKHORST, N. E.; et al. Risk factors for patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 5, p. 270, 2019. Disponível em: <<http://bjsm.bmj.com/content/53/5/270.abstract>>. .

NOEHREN, B.; HAMILL, J.; DAVIS, I. Prospective Evidence for a Hip Etiology in Patellofemoral Pain. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 45, n. 6, p. 1120–1124, 2013. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00005768-201306000-00014>>. .

DE OLIVEIRA SILVA, D.; BARTON, C. J.; PAZZINATTO, M. F.; BRIANI, R. V.; DE AZEVEDO, F. M. Proximal mechanics during stair ascent are more discriminate of females with patellofemoral pain than distal mechanics. **Clinical Biomechanics**, v. 35, p. 56–61, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268003316300481>>. .

PAPPAS, E.; WONG-TOM, W. M. Prospective Predictors of Patellofemoral Pain Syndrome. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, v. 4, n. 2, p. 115–120, 2012. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1941738111432097>>. .

PIVA, S. R.; FITZGERALD, K.; IRRGANG, J. J.; et al. Reliability of measures of

impairments associated with patellofemoral pain syndrome. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 7, n. 1, p. 33, 2006. Disponível em: <<https://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2474-7-33>>. .

PIVA, S. R.; GOODNITE, E. A.; CHILDS, J. 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. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2005.35.12.793>>. .

POWDEN, C. J.; HOCH, J. M.; HOCH, M. C. Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: A systematic review. **Manual Therapy**, v. 20, n. 4, p. 524–532, 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1356689X15000065>>. .

POWERS, C. M. The Influence of Altered Lower-Extremity Kinematics on Patellofemoral Joint Dysfunction: A Theoretical Perspective. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 33, n. 11, p. 639–646, 2003. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2003.33.11.639>>. .

POWERS, C. M. The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 2, p. 42–51, 2010. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2010.3337>>. .

POWERS, C. M.; WITVROUW, E.; DAVIS, I. S.; CROSSLEY, K. M. 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, 2017. Disponível em: <<https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2017-098717>>. .

RAMSKOV, D.; BARTON, C.; NIELSEN, R. O.; RASMUSSEN, S. High Eccentric Hip Abduction Strength Reduces the Risk of Developing Patellofemoral Pain Among Novice Runners Initiating a Self-Structured Running Program: A 1-Year Observational Study. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 45, n. 3, p. 153–161, 2015. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2015.5091>>. .

RATHLEFF, M. S.; RATHLEFF, C. R.; CROSSLEY, K. M.; BARTON, C. J. Is hip strength a risk factor for patellofemoral pain? A systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 14, p. 1088–1088, 2014. Disponível em: <<https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2013-093305>>. .

REURINK, G.; GOUDSWAARD, G. J.; OOMEN, H. G.; et al. Reliability of the Active and Passive Knee Extension Test in Acute Hamstring Injuries. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 8, p. 1757–1761, 2013. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546513490650>>. .

SALSICH, G. B.; PERMAN, W. H. Patellofemoral Joint Contact Area Is Influenced by Tibiofemoral Rotation Alignment in Individuals Who Have Patellofemoral Pain. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 37, n. 9, p. 521–528, 2007. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2007.37.9.521>>. .

SELFE, J.; CALLAGHAN, M.; WITVROUW, E.; et al. Targeted interventions for patellofemoral pain syndrome (TIPPS): classification of clinical subgroups. **BMJ Open**, v. 3, n. 9, p. e003795, 2013. Disponível em:

<<https://bmjopen.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjopen-2013-003795>>. .

SMITH, A. D.; STROUD, L.; MCQUEEN, C. Flexibility and Anterior Knee Pain in Adolescent Elite Figure Skaters. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v. 11, n. 1, p. 77–82, 1991. Disponível em: <<http://journals.lww.com/01241398-199101000-00015>>. .

SOUZA, R. B.; DRAPER, C. E.; FREDERICSON, M.; POWERS, C. M. Femur Rotation and Patellofemoral Joint Kinematics: A Weight-Bearing Magnetic Resonance Imaging Analysis. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 5, p. 277–285, 2010. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2010.3215>>. .

THEISEN, B. J.; LARSON, P. D.; CHAMBERS, C. C. Optimizing Rehabilitation and Return to Sport in Athletes With Anterior Knee Pain Using a Biomechanical Perspective. **Arthroscopy, sports medicine, and rehabilitation**, v. 4, n. 1, p. e199–e207, 2022. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35141552/>>. .

VAN TIGGELEN, D.; COWAN, S.; COOREVITS, P.; DUVIGNEAUD, N.; WITVROUW, E. Delayed Vastus Medialis Obliquus to Vastus Lateralis Onset Timing Contributes to the Development of Patellofemoral Pain in Previously Healthy Men. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 6, p. 1099–1105, 2009. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546508331135>>. .

WARYASZ, G. R.; MCDERMOTT, A. Y. Patellofemoral pain syndrome (PFPS): a systematic review of anatomy and potential risk factors. **Dynamic Medicine**, v. 7, n. 1, p. 9, 2008. Disponível em: <<https://dynamic-med.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-5918-7-9>>. .

WILLSON, J. D.; DAVIS, I. S. Utility of the Frontal Plane Projection Angle in Females

With Patellofemoral Pain. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 38, n. 10, p. 606–615, 2008. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2008.2706>>. .

WILLY, R. W.; HOGLUND, L. T.; BARTON, C. J.; et al. Patellofemoral Pain. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 49, n. 9, p. CPG1–CPG95, 2019. Disponível em: <<https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2019.0302>>. .

WITVROUW, E.; LYSENS, R.; BELLEMANS, J.; CAMBIER, D.; VANDERSTRAETEN, G. Intrinsic Risk Factors for the Development of Anterior Knee Pain in an Athletic Population: A Two-Year Prospective Study. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 4, p. 480–489, 2000. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03635465000280040701>>. .

YOUDAS, J. W.; KRAUSE, D. A.; HOLLMAN, J. H.; HARMSEN, W. S.; LASKOWSKI, E. The Influence of Gender and Age on Hamstring Muscle Length in Healthy Adults. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 35, n. 4, p. 246–252, 2005. Disponível em: <<http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2005.35.4.246>>. .

APÊNDICES

APÊNDICE 1

APÊNDICE 1

AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA NO INSTITUTO TRATA LONDRINA

Eu, Laryssa Oliveira Silva, CPF 039.454.173-17, sócia-proprietária da clínica de fisioterapia Nascimento e Silva Fisioterapia LTDA (CNPJ 33.083.749/0001-07), autorizo a realização da pesquisa "CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS CINEMÁTICAS 2D, MEDIDAS AUTO-RELATADAS, DE DESEMPENHO E CAPACIDADE FÍSICA EM CORREDORES COM E SEM DOR PATELOFEMORAL" no espaço físico da clínica localizada na Alameda Jouberte de Carvalho, 75 – Jardim Quebec, Londrina – PR.

Declaro também, segundo acordo entre os pesquisadores, que todo o sistema de análise cinemática 2D ficará disponível para a pesquisa na clínica.


Sócia-proprietária da clínica
CNPJ 33.083.749/0001-07


Pesquisadora

Londrina, 25 de junho de 2021.

APÊNDICE 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário do estudo intitulado **“ANÁLISE E CORRELAÇÃO DA FUNCIONALIDADE, POSTURA DO PE, FLEXIBILIDADE, FORÇA MUSCULAR e VALORES ANGULARES EM CORREDORES COM E SEM DOR PATELOFEMORAL”** desenvolvido pela estudante de mestrado Daniele Pereira do Nascimento, sob a orientação da professora Christiane de Souza Guerino Macedo, da Universidade Estadual de Londrina. O objetivo principal do estudo é avaliar a associação entre a postura, movimentos, queixas de dor e incapacidade, força muscular e flexibilidade em corredores com e sem dor patelofemoral.

Após o aceite em participar do estudo será agendado um horário e data em comum acordo entre você e os pesquisadores para o início das atividades. Você deverá comparecer a clínica de fisioterapia Instituto Trata Unidade Londrina, localizada na Alameda Jouberte de Carvalho, nº 75, Jardim Quebec, CEP 86.060-320, Londrina/PR, para preenchimento dos dados pessoais, antropométricos, prática de corrida e dor no joelho (se houver). Você preencherá 2 questionários a respeito da funcionalidade dos seus membros inferiores e responderá a uma escala sobre a dor anterior no joelho.

Primeiramente, será avaliado a posição do seu pé, por meio da observação e palpação de algumas estruturas ósseas. Você será orientado a ficar em pé e parado, de maneira confortável, por aproximadamente dois minutos, enquanto o avaliador quantifica as características do seu pé, por meio do Índice de Postura do Pé (FPI), em um único resultado – pronado, supinado ou neutro.

Secundariamente, será avaliado a flexibilidade da musculatura anterior (quadríceps) e posterior (ísquiotibiais) da sua coxa, onde você será solicitado a deitar-se de barriga para baixo e para cima sobre uma maca, respectivamente, enquanto o avaliador flexiona ou estende sua perna dominante ou com dor. Outros dois testes de flexibilidade da sua panturrilha serão realizados em pé, de frente e apoiado na parede. O avaliador utilizará um inclinômetro digital para mensurar sua flexibilidade em graus além de uma fita métrica para os testes na parede. Em seguida, serão realizados os testes de força muscular do seu quadril (musculatura posterior/glútea e lateral da coxa), onde você estará deitado de lado sobre a maca

com um dinamômetro manual posicionado próximo do seu joelho, e da sua musculatura anterior da coxa, sentado à beira da maca, com o dinamômetro na frente da sua canela. O avaliador solicitará que você faça duas contrações com o máximo de força possível durante cinco segundos no sentido de abrir o joelho quando deitado de lado e de estender a perna sentado.

Ainda, será feita a análise dos seus movimentos durante a descida de um degrau e durante uma corrida sobre a esteira, com aquecimento prévio de seis minutos e uso do seu tênis de corrida. Para isso, alguns marcadores serão fixados em vários pontos do seu corpo, com o objetivo de refletir à luz de led posicionada junto de duas câmeras que filmarão os seus movimentos, para que seja possível a captação do alinhamento do seu corpo, que será obtido pela ligação dos pontos formados por estes marcadores, por meio de um software de filmagem de computador.

No final de todo protocolo de avaliação, você receberá um laudo com os resultados dos testes avaliados.

Seguem abaixo algumas informações gerais:

- Os procedimentos desta pesquisa estão de acordo com as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde – Brasília/DF;
- Você não será submetido(a) a riscos durante a fase de realização dos testes, pois desenvolverá os mesmos dentro do seu limite funcional. Entretanto pode ocorrer leve dor muscular ou articular após execução dos testes. Caso isso ocorra, informe os pesquisadores e se necessário você receberá avaliação e atendimentos fisioterapêuticos no projeto de extensão FISIOTERAPIA ESPORTIVA: DA TEORIA A PRÁTICA, coordenado pela Professora Christiane de Souza Guerino Macedo, pesquisadora deste estudo.
- Você receberá os resultados da sua avaliação sem qualquer custo e, também, receberá orientações sobre atividades que auxiliem no cuidado e tratamento da dor patelofemoral como benefício;
- Você não terá qualquer gasto financeiro para participar da pesquisa. Os materiais para a realização dos testes e questionários serão todos custeados pelos pesquisadores;

- Você tem garantia que receberá respostas a qualquer pergunta ou esclarecimento quanto aos procedimentos, riscos ou benefícios da pesquisa;
- Em qualquer fase do estudo, você poderá retirar o termo de consentimento e deixar de fazer parte do estudo, sem que isto leve a qualquer penalidade;
- Os pesquisadores asseguram a sua privacidade quanto a sua identidade e aos dados envolvidos com o estudo, os quais serão utilizados exclusivamente para fins de ensino, pesquisa e divulgação científica;
- Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contatar (Fisioterapeuta Daniele Pereira do Nascimento, telefone 43-99697-9915, e-mail danielenascimento_fisio@hotmail.com ou Professora Christiane de S. Guerino Macedo, Avenida Robert Kock, nº 60, Departamento de Fisioterapia, telefone: 43-991015123, E-mail: chmacedouel@yahoo.com.br), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escolar, no Campus Universitário com o CEP: 86.057-970, telefone: 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Após as assinaturas, você receberá uma cópia desse termo de consentimento:

Eu, _____, RG nº _____, abaixo assinado, li e entendi todas as informações contidas neste documento e concordo em participar do estudo. Dou pleno direito da utilização desses dados e informações para uso no ensino, pesquisa e divulgação científica.

Daniele Pereira do Nascimento
danielenascimento_fisio@hotmail.com
Telefone: (43)99697-9915

Assinatura

Londrina, _____ de _____ de 2021.

ANEXOS

ANEXO I – STROBE Statement

STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of *cross-sectional studies*

	Item No	Recommendation
Title and abstract	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
Introduction		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
Methods		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	(a) Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy (e) Describe any sensitivity analyses
Results		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest
Outcome data	15*	Report numbers of outcome events or summary measures
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses

Discussion		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
Other information		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

*Give information separately for exposed and unexposed groups.

Note: An Explanation and Elaboration article discusses each checklist item and gives methodological background and published examples of transparent reporting. The STROBE checklist is best used in conjunction with this article (freely available on the Web sites of PLoS Medicine at <http://www.plosmedicine.org/>, Annals of Internal Medicine at <http://www.annals.org/>, and Epidemiology at <http://www.epidem.com/>). Information on the STROBE Initiative is available at www.strobe-statement.org.

ANEXO II – Escala de Desordens Patelofemorais (AKPS)

<p>1. Ao andar, você manca?</p> <p>(a) Não (5)</p> <p>(b) Às vezes (3)</p> <p>(c) Sempre (0)</p>	<p>8. Em relação à sentar-se prolongadamente com os joelhos flexionados:</p> <p>(a) Não sente dor (10)</p> <p>(b) Sente dor ao sentar somente após realização de exercício (8)</p> <p>(c) Sente dor constante (6)</p> <p>(d) Sente dor que faz com que tenha que estender os joelhos por um tempo (4)</p> <p>(e) Não consegue (0)</p>
<p>2. Você sustenta o peso do corpo?</p> <p>(a) Sim, totalmente sem dor (5)</p> <p>(b) Sim, mas com dor (3)</p> <p>(c) Não, é impossível (0)</p>	<p>9. Você sente dor no joelho afetado?</p> <p>(a) Não (10)</p> <p>(b) Leve e às vezes (8)</p> <p>(c) Tenho dor que prejudica o sono (6)</p> <p>(d) Forte e às vezes (3)</p> <p>(e) Forte e Constante (0)</p>
<p>3. Você caminha:</p> <p>(a) Sem limite de distância (5)</p> <p>(b) Mais de 2 km (3)</p> <p>(c) Entre 1 a 2 km (2)</p> <p>(d) Sou incapaz de caminhar (0)</p>	<p>10. Quanto ao inchaço:</p> <p>(a) Não apresento (10)</p> <p>(b) Tenho apenas após muito esforço (8)</p> <p>(c) Tenho após atividades diárias (6)</p> <p>(d) Tenho toda noite (4)</p> <p>(e) Tenho constantemente (0)</p>
<p>4. Para subir e descer escadas você:</p> <p>(a) Não tem dificuldade (10)</p> <p>(b) Tem leve dor apenas ao descer (8)</p> <p>(c) Tem dor ao descer e ao subir (5)</p> <p>(d) Não consegue subir nem descer escadas (0)</p>	<p>11. Em relação a sua DOR aos deslocamentos patelares anormais (subluxações):</p> <p>(a) Está ausente (10)</p> <p>(b) Às vezes em atividades esportivas (6)</p> <p>(c) Às vezes em atividades diárias (4)</p> <p>(d) Pelo menos um deslocamento comprovado (2)</p> <p>(e) Mais de dois deslocamentos (0)</p>
<p>5. Para agachar você:</p> <p>(a) Não tem dificuldade (5)</p> <p>(b) Sente dor após vários agachamentos (4)</p> <p>(c) Sente dor em um/cada agachamento (3)</p> <p>(d) Só é possível descarregando parcialmente o peso do corpo na perna afetada (2)</p> <p>(e) Não consegue (0)</p>	<p>12. Você perdeu massa muscular (Atrofia) da coxa?</p> <p>(a) Nenhuma (5)</p> <p>(b) Pouca (3)</p> <p>(c) Muita (0)</p>
<p>6. Para correr você:</p> <p>(a) Não tem dificuldade (10)</p> <p>(b) Sente dor após 2 km (8)</p> <p>(c) Sente dor leve desde o início (6)</p> <p>(d) Sente dor forte (3)</p> <p>(e) Não consegue (0)</p>	<p>13. Você tem dificuldade para dobrar o joelho afetado?</p> <p>(a) Nenhuma (5)</p> <p>(b) Pouca (3)</p> <p>(c) Muita (0)</p>
<p>7. Para pular você:</p> <p>(a) Não tem dificuldade (10)</p> <p>(b) Tem leve dificuldade (7)</p> <p>(c) Tem dor constante (2)</p> <p>(d) Não consegue (0)</p>	

ANEXO III – Lower Extremity Functional Scale (LEFS)

Estamos interessados em saber se você tem tido alguma dificuldade para realizar atividades abaixo, devido aos problemas com seus membros inferiores. Por favor, marque uma resposta para cada atividade

Hoje, você tem ou teria alguma dificuldade com:

Atividades	Extrema dificuldade de realizar a atividade (0)	Bastante dificuldade (1)	Moderada dificuldade (2)	Pouca dificuldade (3)	Nenhuma dificuldade (4)
Qualquer uma do seu trabalho normal, tarefas domésticas ou escolares					
Seu passatempo predileto, atividades recreacionais ou esportivas					
Entrar ou sair do banho					
Caminhar entre os quartos					
Calçar seus sapatos ou meias					
Agachar-se					
Levantar objetivo, como uma sacola de compra do chão					
Realizar atividades domésticas leves					
Realizar atividades domésticas pesadas					
Entrar ou sair do carro					
Andar dois quarteirões					
Andar aproximadamente 1,5 km					
Subir ou descer 10 degraus (aproximadamente um lance de escadas)					
Ficar em pé durante uma hora					
Ficar sentado durante uma hora					
Correr em terreno plano					
Correr em terreno irregular					
Mudar de direção enquanto corre rapidamente					
Pular					
Rolar na cama					

Pontuação: _____

(Pontuação mínima para melhora - 9 pontos; 0-80 pontos, onde maior valor representa melhor função)

ANEXO IV – Normas para submissão na *Human Movement Science*

GUIDE FOR AUTHORS

Introduction

A Journal Devoted to Pure and Applied Research on Human Movement.

Types of contribution

Human Movement Science contains: (a) reports of empirical work on human movement; (b) theoretical articles on human movement, including its modelling; (c) letters to the editor containing a critical commentary on a published paper. In addition to regular issues, special issues addressing a single theme will be published. Special issues may also contain articles based on papers presented at conferences and workshops or consist of a 'target articles' followed by peer commentaries.

Contact details

If authors have no facilities to submit their manuscripts electronically, they may send three copies of their manuscript with a diskette to:

Prof. Dr. P.J. Beek
Faculty of Human Movement Sciences
Vrije Universiteit
Van der Boechorststraat 9
1081 BT Amsterdam
The Netherlands
Fax 31 20 4448509
E-mail: hms@fbw.vu.nl

NEW! Registered reports ([click here for more details](#)). These submissions undergo a two-phase review process in which study rationale and methodology are considered **prior** to the research being undertaken.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

Content criteria:

- The manuscript makes a clear contribution to the main aim of the journal, i.e. to further theoretical understanding of the control and organization of human movement, as well as changes therein as a function of development, learning and rehabilitation. (Purely descriptive studies are not acceptable, while methodological, physiological and anatomical are only acceptable if they contribute to the aforementioned aim.)
- The theoretical contribution in question is explicitly stated in the abstract and discussion section of the manuscript.

- In the case of an experimental study, it is clearly stated whether the study is hypothesis-driven or exploratory in nature. In the former case the hypotheses to be tested are clearly stated and derived, while in the latter case the need for exploration should be motivated.

Methodological criteria:

- All experimental conditions are motivated from the study's objectives and adequate control conditions are included; in the case of an intervention study there should be a control group.
- The study has sufficient power: studies with a limited number of subjects (< 10 as a rule of thumb) are not supported, nor are pilot studies. Case studies are acceptable if proper methodological requirements are met.
- The statistical design of the study is clearly stated and follows from its design. Multiple statistical analyses that enhance the chance of Type 1 errors are not permissible.

Formal criteria:

- The manuscript is formatted in accordance with the guidelines of the American Psychological Association as described in the latest version of the APA Manual.
- The manuscript includes page and line numbers. (HMS uses no limits in terms of the number of pages, words, figures or tables, only the general criteria that the length of a manuscript should be in proportion to its message and that figures and tables should contribute to this message.)
- The quality of the English writing in terms of both grammar and spelling meets the standards of academic publications and does not hamper an adequate assessment of the manuscript's suitability for publication.

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing

interests to declare

- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

Ethics in publishing

Please see our information on [Ethics in publishing](#).

Studies in humans and animals

If the work involves the use of human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with [The Code of Ethics of the World Medical Association](#) (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans. The manuscript should be in line with the [Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing and Publication of Scholarly Work in Medical Journals](#) and aim for the inclusion of representative human populations (sex, age and ethnicity) as per those recommendations. The terms [sex and gender](#) should be used correctly.

Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

All animal experiments should comply with the [ARRIVE guidelines](#) and should be carried out in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 and associated guidelines, [EU Directive 2010/63/EU for animal experiments](#), or the National Research Council's [Guide for the Care and Use of Laboratory Animals](#) and the authors should clearly indicate in the manuscript that such guidelines have been followed. The sex of animals must be indicated, and where appropriate, the influence (or association) of sex on the results of the study.

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double anonymized) or the manuscript file (if single anonymized). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. [More information](#).

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see ['Multiple, redundant or concurrent publication'](#) for more information), that it is not

under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify compliance, your article may be checked by [Crossref Similarity Check](#) and other originality or duplicate checking software.

Preprints

Please note that [preprints](#) can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's [sharing policy](#). Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. When coding terminology is used, we recommend to avoid offensive or exclusionary terms such as "master", "slave", "blacklist" and "whitelist". We suggest using alternatives that are more appropriate and (self-) explanatory such as "primary", "secondary", "blocklist" and "allowlist". These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

Author contributions

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. [More details and an example](#).

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the

Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal uses the Elsevier Article Transfer Service to find the best home for your manuscript. This means that if an editor feels your manuscript is more suitable for an alternative journal, you might be asked to consider transferring the manuscript to such a journal. The recommendation might be provided by a Journal Editor, a dedicated Scientific Managing Editor, a tool assisted recommendation, or a combination. If you agree, your manuscript will be transferred, though you will have the opportunity to make changes to the manuscript before the submission is complete. Please note that your manuscript will be independently reviewed by the new journal. More information.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of user license.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information.

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement, it is recommended to state this.

Open access

Please visit our [Open Access page](#) for more information.

Elsevier Researcher Academy

Researcher Academy is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language (usage and editing services)

Articles should be written in proper English. Both British and American English are acceptable, but not a mixture of these. Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<https://webshop.elsevier.com/language-editing-services/language-editing/>) or visit our customer support site (<https://service.elsevier.com>) for more information.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Review

Human Movement Science operates a single-blind review process, where the reviewers names are not revealed to the authors by default, but reviewers are made aware of the names of the authors.

Submit your article

Please submit your article via <https://www.editorialmanager.com/hms/default.aspx>

Queries

For questions about the editorial process (including the status of manuscripts under review) or for technical support on submissions, please visit our [Support Center](#).

Peer review

This journal operates a single anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, with peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. [More information on types of peer review.](#)

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: [example Highlights](#).

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is

often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, it is recommended to include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these

typically have a low number of pixels and limited set of colors;

- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Text graphics

Text graphics may be embedded in the text at the appropriate position. If you are working with LaTeX and have such features embedded in the text, these can be left. See further under Electronic artwork.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference

to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Preprint references

Where a preprint has subsequently become available as a peer-reviewed publication, the formal publication should be used as the reference. If there are preprints that are central to your work or that cover crucial developments in the topic, but are not yet formally published, these may be referenced. Preprints should be clearly marked as such, for example by including the word preprint, or the name of the preprint server, as part of the reference. The preprint DOI should also be provided.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes from different reference management software.](#)

Reference style

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Seventh Edition, ISBN 978-1-4338-3215-4, copies of which may be [ordered online](#).

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.

<https://doi.org/10.1016/j.sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2018). The art of writing a scientific article. *Heliyon*, 19, Article e00205.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style* (4th ed.). Longman (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). E-Publishing Inc.

Reference to a website:

Powertech Systems. (2015). *Lithium-ion vs lead-acid cost analysis*. Retrieved from <http://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-ion-vs-lead-acid-cost-analysis/>. Accessed January 6, 2016

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., & Nakashizuka, T. (2015). *Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions*. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference to a conference paper or poster presentation:

Engle, E.K., Cash, T.F., & Jarry, J.L. (2009, November). *The Body Image Behaviours Inventory-3: Development and validation of the Body Image Compulsive Actions and Body Image Avoidance Scales*. Poster session presentation at the meeting of the Association for Behavioural and Cognitive Therapies, New York, NY.

Reference to software:

Coon, E., Berndt, M., Jan, A., Svyatsky, D., Atchley, A., Kikinzon, E., Harp, D., Manzini, G., Shelef, E., Lipnikov, K., Garimella, R., Xu, C., Moulton, D., Karra, S., Painter, S., Jafarov, E., & Molins, S. (2020, March 25). *Advanced Terrestrial Simulator (ATS) v0.88 (Version 0.88)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3727209>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide

text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions [here](#) to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into a data article published in *Data in Brief*. A data article is a new kind of article that ensures that your data are actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and made publicly available to all upon publication (watch [this video](#) describing the benefits of publishing your data in *Data in Brief*). You are encouraged to submit your data article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed, published open access and linked to your research article on ScienceDirect. Please note an [open access fee](#) is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the [Data in Brief website](#). Please use [this template](#) to write your *Data in Brief* data article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

Online proof correction

To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing

50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Author Services](#). Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.