



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA
Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia
Área de Concentração: Fisioterapia e Desempenho Funcional



CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA

**CINEMÁTICA DO TRONCO, PELVE, QUADRIL E JOELHO DURANTE O
AGACHAMENTO UNIPODAL EM MULHERES COM E SEM DOR
FEMOROPATELAR: UMA ANÁLISE USANDO *STATISTICAL PARAMETRIC
MAPPING***

**SÃO CARLOS -SP
2025**

**CINEMÁTICA DO TRONCO, PELVE, QUADRIL E JOELHO DURANTE O
AGACHAMENTO UNIPODAL EM MULHERES COM E SEM DOR
FEMOROPATELAR: UMA ANÁLISE USANDO *STATISTICAL PARAMETRIC
MAPPING***

CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia (PPGFT) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia. Área de Concentração: Fisioterapia e Desempenho Funcional.

Linha de Pesquisa: Fisioterapia em Ortopedia/Traumatologia, Esportes e Reumatologia

Orientador: Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão

Apoio Financeiro

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – **CAPES** (Código de Financiamento 001).

**SÃO CARLOS-SP
2025**

FOLHA DE ROSTO

Este documento compõe a versão original da dissertação de mestrado do aluno Cassius Iury Anselmo e Silva, intitulado “**Cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho durante o agachamento unipodal em mulheres com e sem dor femoropatelar – uma análise usando *statistical parametric mapping***”.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Cassius Iury Anselmo e Silva, realizada em 25/02/2025.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão (UFSCar)

Prof. Dr. Ronaldo Valdir Briani (UNESP)

Prof. Dr. Luiz Fernando Approbato Selistre (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

Dedico essa dissertação à minha família, em especial, aos meus amados pais, Anselmo José e Cláudia Maria, por todo carinho, apoio e amor incondicional ao longo de toda a minha trajetória.

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer, às pessoas que fizeram parte desde do início da minha trajetória acadêmica até a conclusão do mestrado, vocês me ajudaram a evoluir como pessoa e sem vocês nada do que eu conquistei seria possível.

Agradeço aos meus pais, **Anselmo José da Silva** e **Cláudia Maria da Silva**, por todo investimento em educação e por ter me mostrado que através da educação vidas podem ser transformadas. Vocês são os meus maiores exemplos. Obrigado por todo amor incondicional e por todo sacrifício em me proporcionar o melhor que vocês poderiam me oferecer. Serei eternamente grato, amo muito vocês!

Agradeço à minha querida irmã, **Kadia Ingrid**, por sempre me incentivar e apoiar nas minhas decisões, por toda preocupação, amizade, proteção e por sempre está por perto. Obrigado por ter me proporcionado uma das maiores felicidades da minha vida, ter me dado meu primeiro sobrinho, **Kaio Augusto**, uma criança extremamente carinhosa, inteligente e divertida que me motiva todos os dias. Amo vocês!

Agradeço profundamente à minha tia **Eluza** por todo o apoio, carinho e incentivo durante o meu desenvolvimento como pessoa. Você sempre esteve disposta a me ajudar nos momentos mais importantes. Sou eternamente grato por tudo!

Agradeço à minha amada namorada, **Camila Oliveira**, que mesmo diante das dificuldades, sempre me apoiou, incentivou, acreditou em meus sonhos e me acalmou em momentos de insegurança. Obrigado pelo seu companheirismo, carinho, cuidado, por toda torcida e principalmente pelo seu amor entregue a mim. A vida se torna mais fácil ao seu lado. Serei eternamente grato, te amo!

Agradeço ao meu cunhado, **Fábio Bezerra**, por todo apoio e amizade, principalmente por ser meu socorrista em assuntos tecnológicos, sempre me salva quando mais preciso. Muito Obrigado!

Agradeço ao **Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão** (Fabinho), por ter me aceitado como seu aluno, por todo cuidado e orientação. Tenho uma enorme admiração pela sua humildade e pelo seu dom de ensinar. Muito obrigado por todo ensinamento e por sua amizade, sem você, a construção e finalização desse projeto não seria possível. Tenho um enorme orgulho de ser seu aluno.

Agradeço à **Prof^ª. Dra. Paula Regina Serrão** (Paulinha), por todo ensinamento, cuidado e zelo por todos que compõem o laboratório. Sua preocupação por sempre manter um ambiente harmônico e pelo bem-estar dos seus alunos é admirável. Por onde eu estiver, levarei esses ensinamentos.

Agradeço à **Prof^ª. Dra. Natalia Pereira Duarte**, por toda troca de conhecimento e colaboração durante a construção e finalização desse projeto. Sua simplicidade e humildade para ensinar é encantadora. Muito obrigado!

Agradeço ao **Prof. Dr. Samuel Lourenço Nogueira**, por toda colaboração durante as etapas finais do projeto, principalmente, pela paciência e simplicidade para transmitir o seu conhecimento em um assunto em que eu não tinha domínio. Muito obrigado!

Agradeço aos meus amigos e amigas do Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT), **Vinícius Bianchini, Maria Júlia** (Maju), **Letícia Mancini, Bruna Tessarin**, por todo apoio e ajuda durante esses dois anos. Obrigado por toda troca de ideias, conselhos e amizade, com vocês ao meu lado o caminho se tornou mais fácil e divertido. Vocês foram essenciais para a conclusão dessa etapa.

Agradeço ao meu amigo **Hygor Ferreira** do Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT) por toda colaboração no dia a dia, em especial, na construção desse trabalho. Obrigado por toda troca de conhecimento, conselhos e amizade. Seu foco, sua dedicação e sua humildade me inspiram.

Agradeço aos demais amigos e amigas do Laboratório de Pesquisa em Reumatologia e Reabilitação da Mão (LaPRem), **Cristiane Melo, Karoline Nazário, Victor Coelho, Décio Bueno, Gustavo Viotto, Beatriz Prando, Natália Tossini e Gabriel Bernardi**, por toda troca de conhecimento, por deixarem o ambiente mais leve e divertido, por toda colaboração e apoio, vocês foram fundamentais durante esse processo.

Agradeço aos meus **amigos de infância, colégio e graduação**. Nossa amizade se perpetua até hoje, apesar da distância física. Vocês sempre estão presentes em minha vida, me apoiando, acreditando e incentivando a cada passo. Não mencionarei nomes para não correr o risco de esquecer alguém, mas saibam que foram extremamente importantes para o meu crescimento. Muito obrigado!

Agradeço ao meu amigo **Aldair Darlan**, por ter me recebido tão bem em São Carlos – SP, fazendo me sentir em casa. Desde da graduação vem me apoiando, incentivando e acreditando em meu potencial. Muito obrigado por toda troca de conhecimento, lealdade e, principalmente, pela rede de apoio. Você foi essencial nessa jornada. Seu foco e dedicação me

inspiram diariamente.

Agradeço ao meu primeiro orientador de iniciação científica e amigo **Prof. Dr. Igor Santana de Melo**, que por meio de um convite inesperado, conseguiu plantar a sementinha da ciência. Muito obrigado por toda troca de conhecimento e incentivo. Você foi essencial em minha jornada. Serei eternamente grato.

Agradeço à minha professora de graduação **Prof^ª. Dra. Giovanna Lessi**, por todo apoio e incentivo durante a minha jornada, principalmente, por ter me indicado e falado tão bem do Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT). Você foi fundamental nessa jornada.

Agradeço aos demais **professores** da **UFSCar** por contribuírem diariamente na minha formação acadêmica, crescimento pessoal e profissional e, a **Dra. Patty Santos**, assistente administrativa do PPG-FT, por toda ajuda e retirada de dúvidas durante esses dois anos.

Agradeço à **UFSCar** e ao **Departamento de Fisioterapia** por forneceram ferramentas e apoio necessário para que essa pesquisa fosse concluída.

Agradeço a todos os funcionários do **Departamento de Fisioterapia**, que com todo empenho mantiveram o laboratório em perfeitas condições de uso para que todos os alunos pudessem trabalhar da melhor forma.

Agradeço aos **voluntários** por terem aceitado participar dessa pesquisa, pela entrega, paciência, compromisso e por terem confiado em meu trabalho.

Agradeço à **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** (CAPES), pelo incentivo financeiro a mim destinado para a realização desta pesquisa e pelo incentivo à Educação no Brasil.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta na minha formação, deixo aqui o meu muito obrigado!

EPIGRAFE

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”.

Nelson Mandela

RESUMO

Os estudos prévios que avaliaram a cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho em pessoas com e sem dor femoropatelar (DFP) durante o agachamento unipodal usaram análises baseadas em parâmetros discretos. No entanto, esse tipo de abordagem pode não representar adequadamente o movimento, pois restringe a análise de dados de séries temporais contínuas a um único instante e, assim, não considera possíveis diferenças que podem existir em outras partes do movimento. Além disto, embora o agachamento unipodal seja uma tarefa comumente usada para avaliar a cinemática do membro inferior pois ele simula atividades cíclicas comumente realizadas no dia a dia e em esportes, esses estudos não realizaram as repetições do agachamento de forma consecutiva, mas sim permitiram um período de repouso entre cada repetição. Assim, a proposta do estudo foi verificar se há diferenças na cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho entre mulheres com e sem DFP durante a realização de agachamentos unipodais consecutivos, usando um método que permite analisar diferenças ao longo de toda série temporal, a *statistical parametric mapping* (SPM). Trinta mulheres foram divididas em um grupo DFP (n=15; 24,7 ± 2,3 anos) e um grupo controle (n=15; 24,8 ± 3,1). Os ângulos do tronco, pelve e joelho no plano frontal e do quadril nos planos frontal e transversal durante as fases excêntrica e concêntrica do agachamento unipodal foram avaliados por meio de um sistema de análise tridimensional do movimento. As participantes realizaram cinco agachamentos unipodais consecutivos. A *One-dimensional* SPM foi utilizada para avaliar as diferenças nos dados contínuos entre os grupos. O teste t independente SPM foi usado para comparar os ângulos da pelve entre os grupos, enquanto um teste não paramétrico alternativo foi utilizado para as demais variáveis. O nível de significância adotado foi de 5%. O grupo DFP apresentou maior rotação medial do quadril no início da fase excêntrica (0-3%; p=0,035) e no final da fase concêntrica (94-100%; p=0,026). Não houve outras diferenças entre os grupos (p>0,05). Os resultados sugerem que, durante a reabilitação de mulheres com DFP, estratégias sejam adotadas para o controle do movimento do quadril no plano transversal durante atividades com suporte do peso corporal.

Palavras-chave: Biomecânica, dor anterior do joelho, lesão, reabilitação.

ABSTRACT

Previous studies evaluating trunk, pelvis, hip, and knee kinematics during the single-leg squat in individuals with and without patellofemoral pain (PFP) have used discrete parameter-based analysis. This approach may not accurately represent the movement, as it limits continuous time-series data to a single time point, thereby failing to account for potential differences that might exist at other points in the movement. Although the single-leg squat has been used to assess lower limb kinematics, as it mimics cyclic movements performed in daily activities and sports, previous studies have performed the task using single, non-consecutive repetitions. This study aimed to determine whether differences exist in trunk, pelvis, hip, and knee kinematics during consecutive repetitions of the single-leg squat between women with and without PFP. We employed statistical parametric mapping (SPM), which allows for the analysis of time-series data. Thirty women were allocated into two groups: the PFP group ($n = 15$, 24.7 ± 2.3 years) and control group ($n = 15$, 24.8 ± 3.1 years). We measured trunk, pelvis, and knee angles in the frontal plane and hip angles in the frontal and transverse planes using a three-dimensional motion analysis system. Angles were assessed during the eccentric and concentric phases of five consecutive single-leg squats. Differences between groups were analysed using one-dimensional SPM. An SPM independent t-test was used to compare pelvis angles between groups, while an alternative non-parametric test was applied to the remaining variables. The significance level was set at 5%. The PFP group exhibited greater hip internal rotation at the beginning of the eccentric phase (0–3%, $p = 0.035$) and at the end of the concentric phase (94–100%, $p = 0.026$). There were no other significant differences between groups ($p > 0.05$). Our findings suggest that clinicians should incorporate strategies to control hip motion in the transverse plane during weight-bearing tasks in women with PFP.

Keyword: Biomechanics, anterior knee pain, injury, rehabilitation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Posicionamento dos marcadores para a coleta de dados.....	32
Figura 2. Deslocamento vertical do centro de massa (A) e movimento do tronco no plano frontal (B), da pelve no plano frontal (C), do quadril no plano frontal (D), do quadril no plano transversal (E) e do joelho no plano frontal (F). Linha azul: Curva média com as bandas de desvio-padrão representando o grupo DFP. Linha Vermelha: Curva média com as bandas de desvio-padrão representando o grupo controle. Os valores p e t são apresentados para interpretação.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características das participantes (Média \pm Desvio-Padrão) com e sem DFP.....	34
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AKPS	<i>Anterior Knee Pain Scale</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DFisio	Departamento de Fisioterapia
DFP	Dor Femoropatelar
IMC	Índice de massa corporal
IPAQ-SF	<i>International Physical Activity Questionnaire – short form</i>
LAIOT	Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia
PESCD	Programa de Estágio Supervisionado em Capacitação Docente (PESCD)
SPM	<i>Statistical Parametric Mapping</i>
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
STROBE	<i>Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology</i>
UFScar	Universidade Federal de São Carlos

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO/PREFÁCIO	16
1.1. Inserção na linha de pesquisa do orientador e do Programa	16
1.2. Estágios	16
1.3. Originalidade	16
1.4. Contribuição dos resultados da pesquisa para o avanço científico	17
1.5. Relevância social	17
1.6. Produção científica durante o mestrado	18
1.6.1. Manuscrito submetido relacionado à dissertação	18
1.6.2. Artigos publicados de modo independente durante período do mestrado	18
1.6.3. Manuscrito submetido de modo independente durante período do mestrado	19
1.7. Link do currículo Lattes e Orcid do aluno	19
1.8. Descrição da dissertação para o público leigo	19
1.9. Participação em projetos de pesquisa e extensão	19
1.10. Coorientação de alunos de iniciação científica	20
1.11. Participação em bancas de trabalhos de conclusão de cursos de graduação	20
2. REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1. Definição e diagnóstico da DFP	21
2.2. Incidência e prevalência da DFP	21
2.3. Prognóstico da DFP	21
2.4. Fatores associados à DFP	22
2.5. Análise de séries temporais	23
3. OBJETIVOS GERAIS DA PESQUISA	25
4. MANUSCRITO	26
INTRODUÇÃO	27
MÉTODOS	29

RESULTADOS.....	33
DISCUSSÃO.....	36
CONCLUSÃO	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
6. REFERÊNCIAS.....	41
7. APÊNDICE 1.....	47

1. CONTEXTUALIZAÇÃO/PREFÁCIO

1.1. Inserção na linha de pesquisa do orientador e do Programa

A presente dissertação de mestrado foi realizada no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT), sob a orientação do Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão, docente vinculado ao Departamento de Fisioterapia (DFisio) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Este projeto está inserido na linha de pesquisa intitulada “Fisioterapia em Ortopedia/Traumatologia, Esportes e Reumatologia”, na Área de Concentração “Fisioterapia e Desempenho Funcional”. Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

1.2. Estágios

Durante o período do primeiro semestre de 2023, realizei o Programa de Estágio Supervisionado em Capacitação Docente (PESCD) na disciplina de Fisioterapia em Ortopedia e Traumatologia, ofertada aos alunos do curso de graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Essa disciplina foi conduzida pelo Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão e pela Profa. Dra. Stela Márcia Mattiello. Ao decorrer da disciplina, tive o privilégio de acompanhar as aulas, ajudar na elaboração e correção de provas, ministrei minha primeira aula, discuti casos clínicos e ajudei a esclarecer dúvidas dos alunos.

1.3. Originalidade

Estudos prévios encontraram que a cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho durante o agachamento unipodal é diferente entre mulheres com e sem DFP. No entanto, esses estudos analisaram o movimento usando dados discretos (por exemplo: picos angulares). Essa abordagem pode não representar adequadamente o movimento, pois restringe a análise de dados de séries temporais contínuas a um único instante e, assim, não considera possíveis diferenças que podem existir em outras partes do movimento. A originalidade do presente estudo é que, ao invés do uso de dados discretos, a análise dos dados foi realizada usando a *Statistical Parametric Mapping* (SPM). A SPM é um método que permite analisar diferenças ao longo de toda série temporal. De acordo com o nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo

a comparar a cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho, entre mulheres com e sem DFP, durante o agachamento unipodal, usando a SPM como método de análise.

1.4. Contribuição dos resultados da pesquisa para o avanço científico

Os estudos prévios que avaliaram a cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho em mulheres com e sem DFP durante o agachamento unipodal possuem duas características bem evidentes: 1) uso de parâmetros discretos (por exemplo, picos angulares) para analisar o movimento e 2) uso de intervalo de repouso entre cada repetição do agachamento unipodal. Diferentemente, no nosso estudo foi usado um método que permite analisar diferenças ao longo de toda série temporal, a *Statistical Parametric Mapping* (SPM), durante a realização de cinco agachamentos unipodais consecutivos. Nakagawa et al. (2012) já tinham identificado que mulheres com DFP possuíam maior pico de rotação medial do quadril durante o agachamento unipodal do que mulheres sem DFP. No entanto, pelo fato desses autores usarem o pico angular para analisar o movimento, não se sabe se a diferença entre os grupos ocorreu na fase excêntrica ou concêntrica da tarefa. Por outro lado, como avaliamos as diferenças ao longo de toda a série temporal, identificamos diferenças entre os grupos no início da fase excêntrica (0-3% do ciclo do agachamento) e no final da fase concêntrica (94-100% do ciclo do agachamento). Ou seja, as diferenças ocorreram na transição entre a fase excêntrica e concêntrica. Nós hipotetizamos que, por termos avaliado uma tarefa que envolve agachamentos consecutivos, a diferença no final e início dos ciclos de agachamentos pode ser devida à preparação para a próxima repetição do agachamento, que se diferencia de uma tarefa discreta (ou seja, com intervalo de repouso entre as repetições) de agachamento onde o indivíduo não planeja o próximo ciclo ao final do anterior. Assim, os resultados do nosso estudo podem indicar a necessidade de avaliar todo o período de ciclos de agachamentos consecutivos.

1.5. Relevância social

A prevalência anual de DFP na população geral é de 22,7% (SMITH et al., 2018). Além disto, a DFP está associada a uma menor qualidade de vida e atividade física reduzida devido à dor (RATHLEFF et al., 2013). Por fim, alguns estudos sugerem que os sintomas podem persistir por muitos anos (COLLINS et al., 2013; LANKHORST et al., 2016; RATHLEFF et al., 2016). Assim, é importante que abordagens terapêuticas mais eficazes sejam estabelecidas. Os resultados do presente estudo fornecem informações sobre alterações do movimento de

mulheres com DFP que poderão auxiliar na implementação de estratégias de tratamento visando a melhora dos sintomas e qualidade de vida dessas pessoas.

1.6. Produção científica durante o mestrado

1.6.1. Manuscrito submetido relacionado à dissertação

ANSELMO-E-SILVA, C. I.; NOGUEIRA, S. L.; NETO, D. B.; BIANQUINI, V. V. M.; MELGER, M. J. C.; PEREIRA, N. D.; da SILVA, H.F.; SERRÃO, F. V. Trunk, pelvis, hip and knee kinematics during single-leg squat in females with and without patellofemoral pain – a cross-sectional study. Manuscrito submetido ao periódico *Scientific Reports*. JCR = 3,8.

1.6.2. Artigos publicados de modo independente durante período do mestrado

DE MELO, I. S.; SABINO-SILVA, R.; COSTA, M. A.; VAZ, E. R.; **ANSELMO-E-SILVA, C. I.**; DE PAULA SOARES MENDONÇA, T.; OLIVEIRA, K. B.; DE SOUZA, F. M. A.; DOS SANTOS, Y. M. O.; PACHECO, A. L. D.; FREITAS-SANTOS, J.; CAIXETA, D. C.; GOULART, L. R.; DE CASTRO, O. W. N-Formyl-Methionyl-Leucyl-Phenylalanine Plays a Neuroprotective and Anticonvulsant Role in Status Epilepticus Model. *Cellular and Molecular Neurobiology*, v. 47, p. 1, 2023.

CUTRIM, R. C.; SANTOS-DE-ARAÚJO, A. D.; PONTES-SILVA, A.; PROTAZIO, J. B.; **ANSELMO-E-SILVA, C. I.**; COSTA, C. P. S.; GONÇALVES, M. C.; DE OLIVEIRA BRITO MONZANI, J.; DE ALMEIDA, L. V.; FILHO, E. M. M.; DE JESUS TAVAREZ, R. R.; DIBAI-FILHO, A. V.; BASSI-DIBAI, D. *Short-term heart rate variability at rest in individuals with temporomandibular disorder: a comparative analysis. Clinical Oral Investigations (print)*, v. 27, p. 9, 2023.

CUTRIM, R. C.; SANTOS-DE-ARAÚJO, A. D.; **ANSELMO-E-SILVA, C. I.**; FERREIRA, E. C. P.; DE AZEVEDO SILVA, T. S.; DIBAI-FILHO, A. V.; BASSI-DIBAI, D. Impact of applying different levels of threshold-based artifact correction on the processing of heart rate variability data in individuals with temporomandibular disorder. *Scientific Reports*. v.14, p.24569, 2024.

1.6.3. Manuscrito submetido de modo independente durante período do mestrado

ANSELMO-E-SILVA, C.I.; SANTOS-DE-ARAÚJO, A.D.; ARAUJO, A.S.; ANTONIO, G.L.N.; da SILVA, H.F.; MARCONDES-SCALLI, A.C.A.; DIBAI-FILHO, A.V.; PONTESSILVA, A. Cut-off point for diagnosis thoraco-lumbo-pelvic rotation range hypomobility through Leg Lateral Reach Test (LLRT) in chronic low back pain. Submetido ao periódico *São Paulo Medical Journal*. 2024.

1.7. Link do currículo Lattes e Orcid do aluno

Endereço para acessar o lattes: <http://lattes.cnpq.br/5639916626561362>

ORCID: 0000-0002-2631-2729

1.8. Descrição da dissertação para o público leigo

Neste projeto nós avaliamos mulheres com e sem uma doença na articulação do joelho chamada dor femoropatelar. As pessoas que possuem essa doença normalmente sentem mais dor quando sobem ou descem escadas, agacham, correm ou quando ficam muito tempo sentadas. O objetivo do nosso estudo foi verificar se as mulheres que têm essa dor possuem um movimento diferente do tronco e do membro inferior quando fazem um agachamento em uma perna só. Foi encontrado que o movimento do quadril das mulheres com essa doença é um pouco diferente das mulheres que não possuem essa doença. Esse resultado sugere que os fisioterapeutas que tratam de mulheres com essa doença apliquem exercícios que melhorem o movimento do quadril com o objetivo de diminuir as dores dessas pessoas.

1.9. Participação em projetos de pesquisa e extensão

1.9.1. Atuação como supervisor no projeto de extensão intitulado “Ambulatório de prevenção e reabilitação de lesões esportivas” realizado na Unidade Saúde Escola (USE) da UFSCar, sob a coordenação do Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão (Processo Proex Número 23112.011433/2021-61). Nesse projeto de extensão, atuei realizando supervisão e tutorias aos alunos do curso de graduação em Fisioterapia da UFSCar durante os atendimentos dos atletas;

1.9.2. Colaborador no projeto de mestrado do aluno Vinícius Bianchini Viterbo Montilha. Título: Associação entre o torque abductor do quadril e dos torques flexor e extensor do joelho com o momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting*. Orientador: Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão.

1.10. Coorientação de alunos de iniciação científica

1.10.1. Coorientador do projeto de iniciação científica da aluna de graduação Thais Silva de Camargo (Bolsista PIBIC/CNPq). Título: Modulação do Córtex Pré-Frontal em mulheres com e sem dor femoropatelar: um estudo caso-controle. Orientador: Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão.

1.11. Participação em bancas de trabalhos de conclusão de cursos de graduação

Participação como membro titular em quatro bancas de trabalhos de conclusão de alunos do curso de graduação em Fisioterapia da UFSCar.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Definição e diagnóstico da DFP

A dor no joelho é a segunda condição mais prevalente, com a DFP sendo considerada uma das formas mais comuns de dor no joelho (CROSSLEY et al., 2016). Os sintomas surgem de forma insidiosa, com a dor sendo agravada em atividades que aumentam o estresse femoropatelar como, por exemplo, correr, subir e descer escadas, agachar, saltar e ficar sentado por longos períodos com o joelho fletido (WILLY et al., 2019).

A DFP é uma condição multifatorial e o seu diagnóstico é feito a partir de um conjunto de sinais e sintomas clínicos e após excluir outras condições que podem causar dor anterior do joelho (WILLY et al., 2019). Além disso, é importante destacar que os testes clínicos comumente usados para o diagnóstico da DFP possuem baixa acurácia diagnóstica (NUNES et al., 2013). Diretrizes de prática clínica recentes recomendam que o diagnóstico seja determinado pela reprodução da dor peripatelar ou retropatelar ao agachar ou em outras atividades que aumentam o estresse femoropatelar (WILLY et al., 2019).

2.2. Incidência e prevalência da DFP

A prevalência anual da DFP é de 22,7% na população em geral e de 28,9% em adolescentes (SMITH et al., 2018), enquanto a sua incidência é de aproximadamente 9,2% em jovens adolescentes (MYER et al., 2015). Além disso, as mulheres são 2,23 vezes mais propensas a desenvolver DFP que os homens (BOLING et al., 2010). Outra população que é afetada pela DFP é a de militares, com incidência anual de 6,5% e prevalência de 15% (BOLING et al., 2010).

2.3. Prognóstico da DFP

Há alguns anos, a DFP era considerada uma condição auto-limitante. Em adolescentes, a DFP era vista como uma condição comum e que se resolveria com o tempo (PATEL; NELSON, 2000). Entretanto, 50% a 56% dos adolescentes relatam dor persistente nos joelhos após 2 anos do diagnóstico inicial (RATHLEFF et al., 2013a, 2016). Além disso, alguns estudos mostram que 40% a 57% dos adultos jovens com DFP que recebem tratamentos baseados em evidências experimentam resultados desfavoráveis a longo prazo (COLLINS et

al., 2013; LANKHORST et al., 2016). Em relação aos fatores envolvidos com o pobre prognóstico, Collins et al. (2013) identificaram que uma duração da dor maior que dois meses e uma pontuação na escala de dor anterior do joelho menor que 70 pontos estão associados com uma recuperação desfavorável em 12 meses.

2.4. Fatores associados à DFP

Embora a etiologia da DFP ainda não esteja muito bem definida, a interação entre fatores anatômicos, biomecânicos, psicológicos, sociais e comportamentais tem sido proposta como causa do seu desenvolvimento e/ou progressão (POWERS et al., 2017). Do ponto de vista patoanatômico, a DFP estaria associada a um elevado estresse femoropatelar (POWERS et al., 2017). Estudos prévios demonstraram que pessoas com DFP podem apresentar fraqueza dos músculos do quadril, bem como alterações no padrão de movimento dos membros inferiores durante atividades com suporte do peso corporal. Especificamente, em uma importante revisão sistemática com meta-análise, Rathleff et al. (2014) encontraram que, embora o déficit de força dos músculos do quadril não seja considerado um fator de risco para o desenvolvimento da DFP, pessoas com essa condição apresentam diminuição da força isométrica dos músculos abdutores, extensores e rotadores laterais do quadril. Adicionalmente, estudos mais recentes mostraram que pessoas com DFP também apresentam diminuição na taxa de desenvolvimento de força dos músculos do quadril (FERREIRA et al., 2021; NUNES; BARTON; SERRÃO, 2018).

Acredita-se que os déficits de força nos músculos do quadril apresentados por pessoas com DFP poderiam resultar em alterações no movimento da pelve, tronco, quadril e joelho durante tarefas com suporte do peso corporal (BOLING; PADUA, 2013; FERREIRA et al., 2018; JORDAN; KIM; GLAVIANO, 2024) que, por sua vez, aumentariam o estresse femoropatelar (POWERS, 2003; POWERS, 2010). Quando em apoio unipodal, a fraqueza dos músculos abdutores do quadril do membro inferior que está suportando o peso corporal pode resultar em excessiva queda da pelve contralateral. Uma compensação comum à fraqueza dos músculos abdutores do quadril e consequente queda da pelve contralateral é a excessiva inclinação ipsilateral do tronco (inclinação do tronco para o lado do membro inferior em apoio; NEUMANN, 2017). No entanto, esse movimento do tronco pode mover a força de reação do solo lateralmente ao centro de rotação do joelho, resultando assim em um momento externo abductor (valgo) nessa articulação (POWERS, 2010). Por sua vez, o aumento do momento

externo abdutor do joelho está associado a um maior risco de DFP (MYER et al., 2010).

A redução na capacidade (força e/ou taxa de desenvolvimento de força) dos músculos do quadril pode ainda estar relacionada ao aumento da adução e rotação medial do quadril, bem como da abdução do joelho em pessoas com DFP (BOLING; PADUA, 2013; FERREIRA et al., 2018; JORDAN; KIM; GLAVIANO, 2024). A excessiva adução do quadril e/ou a excessiva abdução do joelho durante atividades com suporte do peso corporal aumentam o ângulo do quadríceps (ângulo Q) e, conseqüentemente, resultam em um vetor de força lateral (resultado da ação da força do quadríceps e do tendão patelar) de maior magnitude atuando sobre a patela. Esse maior vetor de força lateral provoca um maior estresse no compartimento lateral da articulação femoropatelar (POWERS, 2003; POWERS, 2010; POWERS et al., 2017). Já a excessiva rotação medial do quadril está associada ao maior estresse femoropatelar por ocasionar uma diminuição na área de contato femoropatelar (SALSICH; PERMAN, 2007).

O agachamento unipodal é uma tarefa bastante utilizada na prática clínica para avaliar o alinhamento dinâmico dos membros inferiores em pessoas com DFP (WILLSON; DAVIS, 2008a) desde que ele simula atividades comuns de vida diária e atividades esportivas (WARNER et al., 2019; ZELLER et al., 2003). Alguns estudos envolvendo análise bidimensional (análise 2D) e tridimensional (análise 3D) do agachamento unipodal encontraram que pessoas com DFP apresentaram maior inclinação ipsilateral do tronco, queda pélvica contralateral, adução e rotação medial do quadril, bem como maior abdução (valgo) do joelho que aquelas sem DFP (BOLGLA et al., 2023; HERRINGTON, 2014; RODRIGUES et al., 2021; SCHOLTES; SALSICH, 2017; WILLSON; DAVIS, 2008a; NAKAGAWA et al., 2012; NAKAGAWA; MACIEL; SERRÃO, 2015; WILLSON; DAVIS, 2008b; SCHOLTES; SALSICH, 2017) Assim, parece que pessoas com DFP possuem um padrão de movimento durante o agachamento unipodal associado ao aumento do estresse femoropatelar.

2.5. Análise de séries temporais

Embora vários estudos tenham encontrado que pessoas com DFP possuem alterações no padrão de movimento durante o agachamento unipodal quando comparadas a pessoas sem DFP, um possível problema desses estudos é que eles analisaram o movimento usando dados discretos. Ou seja, eles relataram ângulos (por exemplo: pico angular) em pontos específicos do agachamento unipodal. Essa abordagem pode não representar adequadamente o movimento, pois restringe a análise de dados de séries temporais contínuas a um único instante e, assim, não considera possíveis diferenças que podem existir em outras partes do movimento (DEWIG

et al., 2023). Ou, ainda, quando uma única medida é extraída de uma variável contínua, uma grande quantidade de dados é descartada e informações potencialmente úteis podem não ser consideradas (QUEEN; GROSS; LIU, 2006; RYAN; HARRISON; HAYES, 2006; SUTHERLAND et al., 1996). A *Statistical Parametric Mapping* (SPM) é um método que permite analisar diferenças ao longo de toda série temporal (PATAKY, 2010). Esse método está sendo cada vez mais utilizado nas ciências do esporte, permitindo análises mais detalhadas do movimento (BERTOZZI et al., 2022; WARMENHOVEN et al., 2018).

3. OBJETIVOS GERAIS DA PESQUISA

O objetivo do estudo foi verificar, usando a SPM, se há diferenças entre mulheres com e sem DFP na cinemática do tronco, pelve e joelho no plano frontal e na cinemática do quadril nos planos frontal e transversal durante agachamentos unipodais realizados consecutivamente.

4. MANUSCRITO

Cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho durante o agachamento unipodal em mulheres com e sem dor femoropatelar – um estudo transversal

Cassius Iury Anselmo e Silva, Samuel Lourenço Nogueira, Décio Bueno Neto, Vinicius Bianchini Viterbo Montilha, Maria Julia Checo Melger, Natalia Duarte Pereira, Hygor Ferreira Silva, Fábio Viadanna Serrão

Manuscrito submetido ao periódico *Scientific Reports* (JCR = 3,8)

INTRODUÇÃO

A dor femoropatelar (DFP) é uma condição caracterizada por dor difusa na região anterior do joelho. Essa dor se intensifica durante atividades que elevam o estresse femoropatelar, tais como durante o agachar, subir e descer escadas e permanecer sentado por longos períodos (WITVROUW et al., 2014). A prevalência anual de DFP na população geral é de 22,7% (SMITH et al., 2018), sendo as mulheres 2,23 vezes mais prováveis desenvolver essa condição que os homens (BOLING et al., 2010). Embora a etiologia da DFP ainda não esteja muito bem definida, a interação de fatores anatômicos, biomecânicos, psicológicos, sociais e comportamentais tem sido proposta como causa do seu desenvolvimento e/ou progressão (POWERS et al., 2017). Do ponto de vista patoanatômico, a DFP estaria associada a um elevado estresse femoropatelar (POWERS et al., 2017). Alterações no movimento do tronco, pelve, quadril e joelho têm sido apontadas como estando relacionadas ao aumento do estresse femoropatelar.

Pessoas com DFP apresentam déficit de força (RATHLEFF et al., 2014) e na taxa de desenvolvimento de força dos músculos do quadril (FERREIRA et al., 2021; NUNES; BARTON; SERRÃO, 2018). Durante atividades unipodais, a fraqueza dos músculos abdutores do quadril do membro inferior em apoio pode resultar em excessiva queda da pelve contralateral. Para compensar essa instabilidade, é comum que ocorra uma inclinação do tronco para o lado do membro em apoio (inclinação ipsilateral do tronco) (NEUMANN, 2017). No entanto, esse ajuste compensatório do tronco pode deslocar a força de reação do solo para uma posição mais lateral em relação ao centro de rotação do joelho, resultando assim em um momento externo abductor (valgo) nessa articulação (POWERS, 2010). Um aumento do momento abductor está associado a um maior risco de desenvolvimento da DFP (MYER et al., 2010).

A redução na capacidade (força e/ou taxa de desenvolvimento de força) dos músculos do quadril pode ainda estar relacionada ao aumento da adução e rotação medial do quadril, bem como da abdução do joelho em pessoas com DFP (BOLING; PADUA, 2013; FERREIRA et al., 2018; JORDAN; KIM; GLAVIANO, 2024). A excessiva adução do quadril e/ou a excessiva abdução do joelho durante atividades com suporte do peso corporal aumentam o ângulo do quadríceps (ângulo Q) e, conseqüentemente, resultam em um vetor de força lateral (resultado da ação da força do quadríceps e do tendão patelar) de maior magnitude atuando sobre a patela. Esse maior vetor de força lateral provoca um maior estresse no compartimento

lateral da articulação femoropatelar (POWERS, 2003; POWERS, 2010; POWERS et al., 2017). Já a excessiva rotação medial do quadril está associada ao maior estresse femoropatelar por ocasionar uma diminuição na área de contato femoropatelar (SALSICH; PERMAN, 2007).

O agachamento unipodal é uma tarefa bastante utilizada na prática clínica para avaliar o alinhamento dinâmico dos membros inferiores em pessoas com DFP (WILLSON; DAVIS, 2008a) desde que ele simula atividades comuns de vida diária e atividades esportivas (WARNER et al., 2019; ZELLER et al., 2003). Alguns estudos envolvendo análise tridimensional (análise 3D) do agachamento unipodal observaram que pessoas com DFP demonstraram maior inclinação ipsilateral do tronco (NAKAGAWA et al., 2012; NAKAGAWA; MACIEL; SERRÃO, 2015), queda pélvica contralateral (NAKAGAWA et al., 2012; NAKAGAWA; MACIEL; SERRÃO, 2015), adução do quadril (NAKAGAWA et al., 2012; NAKAGAWA; MACIEL; SERRÃO, 2015; WILLSON; DAVIS, 2008b), abdução do joelho (NAKAGAWA et al., 2012; NAKAGAWA; MACIEL; SERRÃO, 2015) e maior índice de valgo dinâmico 3D (SCHOLTES; SALSICH, 2017) quando comparadas às pessoas sem DFP. Adicionalmente, Nakagawa et al. (2012) encontraram que mulheres com DFP apresentaram maior rotação medial do quadril quando comparadas a mulheres sem DFP e homens com e sem DFP. Então, parece que pessoas com DFP possuem um padrão de movimento durante o agachamento unipodal associado ao aumento do estresse femoropatelar.

No entanto, embora esses estudos tenham fornecido informações sobre as alterações no padrão de movimento em pessoas com DFP durante o agachamento unipodal, há alguns aspectos que precisam ser destacados: 1- a maioria dos estudos prévios utilizou abordagens baseadas em dados discretos, analisando variáveis em momentos específicos do movimento, como o pico angular do quadril ou joelho. No entanto, essa abordagem pode ser limitada, pois restringe a análise de dados de séries temporais contínuas a um único instante e, assim, não considera possíveis diferenças que podem existir em outras partes do movimento (DEWIG et al., 2023). A *Statistical Parametric Mapping* (SPM) supera essa limitação ao permitir a análise de diferenças ao longo de toda série temporal possibilitando a identificação de padrões de movimento que poderiam passar despercebidos em análises pontuais (PATAKY, 2010); e 2- no presente estudo, o agachamento unipodal foi realizado em cinco repetições consecutivas, refletindo a forma como esse movimento ocorre em atividades do dia a dia e no esporte, assim como proposto por CROSSLEY et al., (2011). Diferentemente de abordagens que analisam cada repetição isoladamente, aqui a sequência contínua das repetições foi considerada, permitindo uma avaliação mais realista do padrão de movimento. Dado que os estudos anteriores apresentam limitações na forma de análise e na contextualização do agachamento

unipodal, este estudo busca preencher essa lacuna. O objetivo do estudo foi verificar, usando a SPM, se há diferenças entre mulheres com e sem DFP na cinemática do tronco, pelve e joelho no plano frontal e na cinemática do quadril nos planos frontal e transversal durante agachamentos unipodais realizados consecutivamente. Foi hipotetizado que as mulheres com DFP apresentariam maior inclinação ipsilateral do tronco, queda pélvica contralateral, adução e rotação medial do quadril, e abdução do joelho do que as mulheres sem DFP.

MÉTODOS

Desenho do estudo e aspectos éticos

Este estudo transversal foi conduzido e relatado seguindo as recomendações do *Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology (STROBE statement)* (VON ELM et al., 2008). Todos as participantes forneceram consentimento informado por escrito. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa em seres humanos da Universidade Federal de São Carlos (certificado número: 77561424.2.0000.5504; Apêndice 1), estando em conformidade com a Declaração de Helsinque. Os dados foram coletados entre março e outubro de 2024.

Participantes

As participantes foram recrutadas por meio de divulgação do estudo na universidade e mídias sociais. Participaram do estudo 30 mulheres [15 com DFP e 15 sem DFP (grupo controle)] com idade entre 18 e 45 anos (VASCONCELOS et al., 2024). O cálculo do tamanho amostral foi baseado no estudo de Nakagawa et al. (2012), que comparou o pico de adução do quadril durante o agachamento unipodal entre mulheres com e sem DFP. Utilizando o teste t para amostras independentes e considerando um tamanho de efeito de 1,14, poder de 0,80 e um nível de significância de 0,05, o *software G*Power* (versão 3.1.9.7) indicou a necessidade de 14 participantes por grupo para garantir poder adequado para essa variável.

Os critérios de inclusão para o grupo DFP foram dor retropatelar ou peripatelar agravada por pelo menos uma atividade com suporte do peso corporal (correr, subir ou descer escadas, agachar, saltar e ficar sentado por longos períodos com o joelho fletido) (CROSSLEY et al., 2016); início insidioso dos sintomas não relacionado a um evento traumático (NUNES; BARTON; SERRÃO, 2018); presença de dor há pelo menos 6 semanas (MACLACHLAN et

al., 2018); pior dor na última semana $\geq 3/10$ avaliada por meio da escala numérica de dor (0 = sem dor, 10 = pior dor imaginável) (MACLACHLAN et al., 2018). O grupo controle incluiu participantes sem histórico de lesão ou dor nos joelhos. Para ambos os grupos, não foram incluídas pessoas com as seguintes condições: 1) histórico de cirurgia nos membros inferiores; 2) histórico de lesão ou dor no quadril; 3) instabilidade patelar; 4) dor à palpação do tendão patelar, banda iliotibial, gordura de Hoffa, tendões da pata de ganso ou linha articular do joelho; 5) sintomas de lesões meniscais ou ligamentares do joelho; 6) presença de síndrome de Osgood-Schlatter ou Sinding-Larsen-Johansson; ou 7) alterações musculoesqueléticas que interferissem ou contraindicassem a realização dos procedimentos adotados na avaliação cinemática do agachamento unipodal (NUNES; BARTON; SERRÃO, 2018).

Procedimentos

A coleta de dados de cada participante foi realizada em um único dia. As participantes foram orientadas a não realizarem nenhuma atividade física fora do habitual por pelo menos 48 horas antes da coleta de dados. As coletas ocorreram em ambiente climatizado (temperatura: 21-23°C). Uma triagem preliminar foi realizada de forma *online* por meio de um formulário eletrônico elaborado no *Google Forms*. Posteriormente, participantes em potencial foram avaliadas presencialmente por um fisioterapeuta licenciado para a confirmação dos critérios de elegibilidade. As avaliações foram conduzidas pelo mesmo pesquisador responsável pela triagem das participantes, o que significa que ele não estava cego para a alocação das participantes nos grupos. No entanto, o processamento dos dados cinemáticos e a análise estatística foram realizados por um pesquisador independente, que desconhecia a identidade dos grupos. Inicialmente, foram obtidas as informações relacionadas à idade, altura e massa corporal. Em seguida, as participantes responderam a versão curta do Questionário Internacional de Atividade Física [*International Physical Activity Questionnaire – short form* (IPAQ-SF); (CRAIG et al., 2003; MATSUDO et al., 2001)] e a escala de dor anterior no joelho (*Anterior Knee Pain Scale – AKPS*; (DA CUNHA et al., 2013; KUJALA et al., 1993). O IPAQ-SF mede os domínios de atividade física específicos para caminhada, atividade moderada e vigorosa (CRAIG et al., 2003). As pontuações das atividades são combinadas para calcular o equivalente metabólico total em MET minutos/semana (CRAIG et al., 2003). A AKPS é um questionário de 13 itens que avalia os sintomas subjetivos e limitações funcionais relacionadas à DFP. A pontuação varia entre 0 e 100 pontos, com a pontuação total de 100 indicando ausência de dor e limitações funcionais (KUJALA et al., 1993). No grupo DFP, o membro

inferior do joelho sintomático foi avaliado e, nos casos de sintomas bilaterais, o membro inferior mais doloroso foi avaliado (NAKAGAWA et al., 2012; NUNES; BARTON; SERRÃO, 2018). O membro inferior correspondente (direito ou esquerdo) de cada participante do grupo controle foi testado (NAKAGAWA et al., 2012).

Avaliação Cinemática

As coordenadas tridimensionais dos marcadores durante o agachamento unipodal foram coletadas usando sete câmeras do sistema de análise do movimento VICON (Modelo *Bonita 10*; *Vicon Motion Systems Ltd, Oxford, UK*) em uma frequência de amostragem de 120 Hz. Além disso, foram usados o *Nexus System 2.1.1. Software (Vicon Motion Systems Ltd, Oxford)* e o *3D Motion Monitor Software (Innovative Sports Training Inc., Chicago, USA)*. As participantes estavam vestindo shorts de lycra, top esportivo e estavam descalças. Marcadores anatômicos de 14 mm de diâmetro foram fixados na incisura jugular, acrômios, C7, T12, ponto mais alto da crista ilíaca bilateralmente, espinha ilíaca ântero-superior e pósterio-superior bilateralmente e primeira vértebra sacral. Em ambos os membros inferiores foram fixados marcadores no trocânter maior do fêmur, epicôndilos medial e lateral do fêmur, maléolos medial e lateral, aspectos medial e lateral do calcâneo, cabeças do primeiro e quinto metatarsos e na falange distal do segundo dedo. Além disso, dois *clusters*, constituídos por quatro marcadores não colineares fixados em uma base rígida, foram fixados na face pósterio-lateral da coxa e perna, enquanto um terceiro *cluster*, constituído por três marcadores não colineares, foi fixado na região posterior do calcâneo (Figura 1). Inicialmente, uma medida estática com as participantes na posição em pé foi realizada. Em seguida, as participantes tiveram a oportunidade de realizar o agachamento unipodal para se familiarizar com o teste. O teste foi realizado da seguinte forma: com apoio no membro inferior avaliado, o joelho do membro inferior contralateral à 90° de flexão (quadril em posição neutra) e os braços cruzados na frente do tórax (WILLSON; DAVIS, 2008a), as participantes foram instruídas a abaixarem até o máximo de flexão do joelho que conseguissem (fase excêntrica) e, em seguida, retornarem à posição inicial (fase concêntrica). Foram realizadas cinco repetições consecutivas, denominadas de ciclos de agachamento (cada ciclo compreendeu as fases excêntrica e concêntrica da tarefa), em velocidade autosselecionada. O teste foi considerado válido caso a participante conseguisse realizar os cinco agachamentos unipodais consecutivos até pelo menos 50° de flexão do joelho e sem perder o equilíbrio. Quando o teste não era considerado válido, um teste adicional era realizado.



Figura 1. Posicionamento dos marcadores para a coleta de dados.

Processamento dos dados cinemáticos

Os dados cinemáticos foram processados usando o *3D Motion Monitor Software* (*Innovative Sports Training, Chicago, IL, USA*). A trajetória dos marcadores foi filtrada usando um filtro *Butterworth* de quarta ordem, com atraso de fase zero, passa-baixa a 12 Hz. Os ângulos de Euler foram calculados seguindo as recomendações de sistema de coordenadas da Sociedade Internacional de Biomecânica (GROOD; SUNTAY, 1983; WU et al., 2002) relativos à medida estática. Os ângulos do tronco e pelve foram calculados em relação ao sistema de coordenadas global (sistema de coordenadas do laboratório), enquanto os ângulos do quadril e joelho foram calculados considerando o movimento da coxa em relação à pelve e o movimento da perna em relação à coxa, respectivamente. O método de Bell et al. (1989, 1990) foi utilizado para a determinação do centro articular do quadril. O centro articular do joelho foi considerado como o ponto médio entre os epicôndilos medial e lateral do fêmur. Cada um dos cinco agachamentos foi determinado através da detecção do início da fase excêntrica e do final da fase concêntrica, associados ao deslocamento vertical significativo do centro de massa, sendo esse definido pelo cálculo da média móvel da variância sobre o centro de massa. Assim, o recorte dos agachamentos foi realizado em dois pontos: (a) o ponto coincidente com o início da fase excêntrica do agachamento unipodal, quando a média móvel da variância ultrapassou um valor limiar definido empiricamente; e (b) o ponto coincidente com o final da fase

concêntrica, quando a média móvel da variância estava abaixo do valor limiar definido anteriormente. Neste estudo, o valor limiar médio foi de 0,03 m. Os valores médios das cinco repetições do agachamento unipodal de cada participante foram usados na análise. Todas as variáveis foram normalizadas no tempo para 100% do agachamento unipodal. As variáveis analisadas foram: 1) ângulos do tronco no plano frontal, 2) ângulos da pelve no plano frontal, 3) ângulos do quadril nos planos frontal e transversal, e 4) ângulos do joelho no plano frontal.

Análise estatística

A normalidade dos dados considerando a idade, massa corporal, altura, índice de massa corporal e nível de atividade física foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os grupos foram comparados em relação a essas variáveis por meio de testes t independentes realizados no *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 27.0 (IBM, Chicago, EUA). A *Statistical Parametric Mapping* unidimensional (SPM1D v0.4) para MATLAB (*The MathWorks Inc., Natick, M.A., 2024*) (www.spm1d.org) foi utilizada para avaliar as diferenças nos dados contínuos entre os grupos (PATAKY, 2010). Inicialmente, a distribuição dos dados foi confirmada usando a função de teste de normalidade para SPM (`spm1d.stats.normality.ttst2.m`). Apenas a variável “ângulos da pelve no plano frontal” apresentou distribuição normal. Assim, para essa variável, o teste t independente SPM1D foi aplicado nas séries temporais normalizadas para verificar a existência de diferenças entre os grupos. Para as demais variáveis, um teste não paramétrico alternativo (SnPM) foi utilizado. O nível de significância foi definido em 5% e a SPM (SPM {t} e valor crítico de t) foi calculada para todo o agachamento unipodal (fases excêntrica e concêntrica). Os grupos foram considerados estatisticamente diferentes quando a estatística SPM {t} excedeu o valor crítico calculado de t.

RESULTADOS

A pesquisa atraiu 78 mulheres interessadas, das quais 45 não foram incluídas pelas seguintes razões: idade incompatível (n=24); dor ou lesão no quadril (n=4); dor lombar (n=7); trauma no joelho (n=2); instabilidade patelar (n=2); presença de dor no joelho, mas que não era agravada por atividades com suporte do peso corporal (n=1); dor <3/10 na escala numérica (n=2); outros fatores como entorse de tornozelo recente (n=1) e tendinopatias (n=2). Após a inclusão, três participantes foram excluídas (uma do grupo DFP e duas do grupo controle) por não atingirem os 50° de flexão do joelho durante o agachamento unipodal. Assim, a amostra

final foi composta por 30 mulheres, sendo 15 no grupo DFP e 15 no grupo controle. As características demográficas e antropométricas das participantes de ambos os grupos estão mostradas na tabela 1.

Os resultados da avaliação cinemática mostraram que o grupo DFP apresentou menor deslocamento vertical do centro de massa durante a fase excêntrica do agachamento unipodal, sugerindo uma amplitude reduzida de movimento nessa população. Essa diferença foi estatisticamente significativa, com um *cluster* supra-liminar excedendo o limiar crítico de 2,435 (0-100%; $p=0,001$). Além disso, dois *clusters* supra-liminares excederam o limiar crítico de 2,173 para o movimento do quadril no plano transversal. No início da fase excêntrica (0-3%; $p=0,035$), bem como no final da fase concêntrica (94-100%; $p=0,026$) do agachamento unipodal o grupo DFP apresentou maior rotação medial do quadril quando comparado ao grupo controle. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para os movimentos do tronco, pelve, quadril e joelho no plano frontal ($p>0,05$). O deslocamento vertical do centro de massa e os ângulos do tronco, pelve, quadril e joelho durante o agachamento unipodal estão apresentados na figura 2.

Tabela 1. Características das participantes (Média \pm Desvio-Padrão) com e sem DFP.

Variáveis	Grupo DFP (n=15)	Grupo controle (n=15)	Valor p
Idade	24,7 \pm 2,3	24,8 \pm 3,1	0,883
Massa (Kg)	67,8 \pm 11,7	60,4 \pm 4,9	0,033
Estatura (m)	1,67 \pm 0,07	1,65 \pm 0,07	0,490
IMC (Kg/m ²)	24,1 \pm 3,4	22,1 \pm 2,3	0,071
IPAQ-SF (MET)-minutos/semana	2.440,1 \pm 1.535,5	4.084,0 \pm 2.292,0	0,029
Pior dor na última semana	4,6 \pm 1,6	-	
AKPS	75,8 \pm 12,6	-	
Duração dos sintomas (meses)	56,5 \pm 45,1	-	
DFP bilateral, n (%)	10 (66,6)	-	

Abreviações: Kg, quilograma; m, metros; IMC, índice de massa corpórea; Kg/m², quilograma por metro ao quadrado; IPAQ-SF, *international physical activities questionnaire short form*; MET, equivalente metabólico; AKPS, *Anterior Knee Pain Scale*; DFP, Dor femoropatelar.

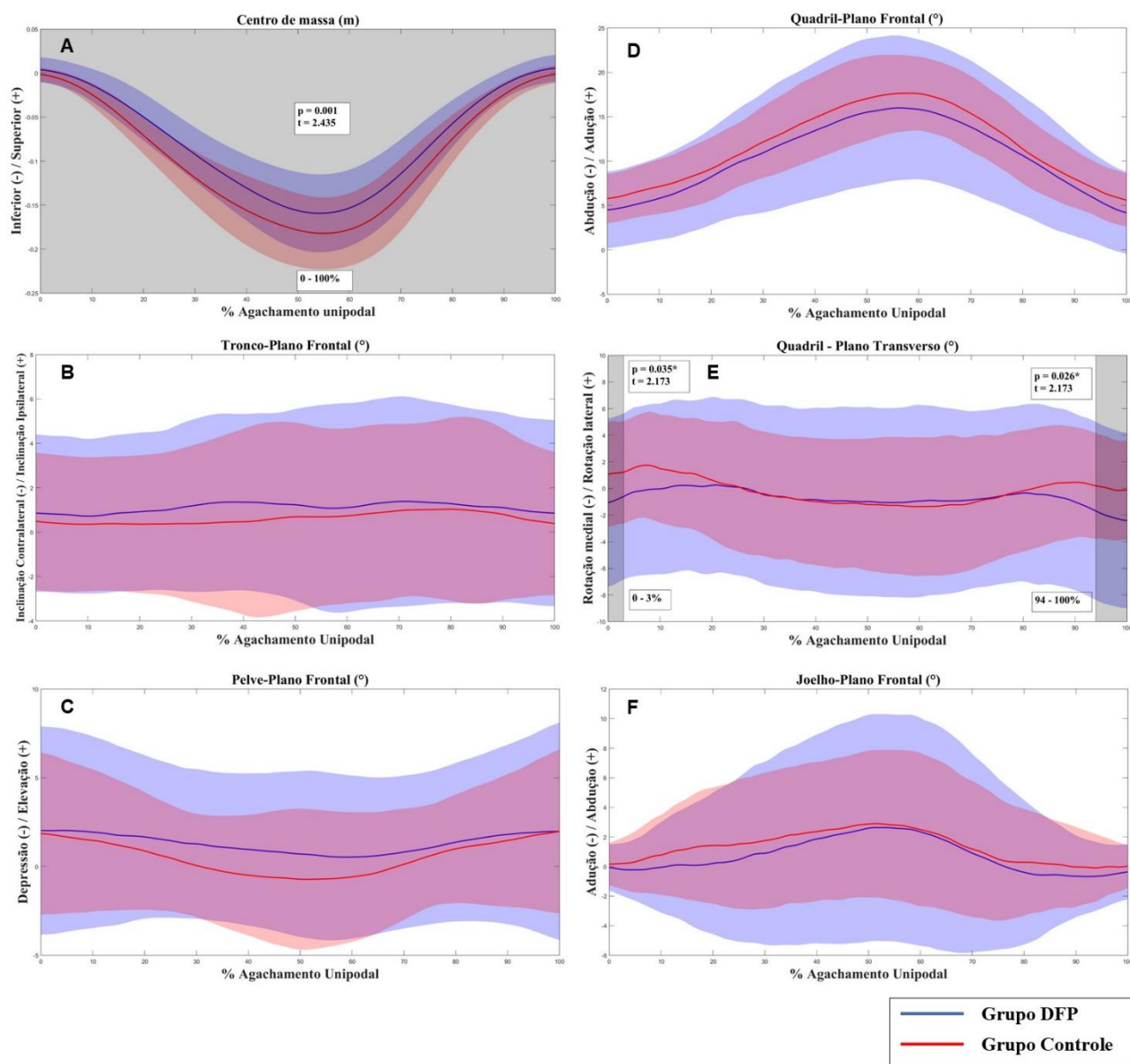


Figura 2. Deslocamento vertical do centro de massa (A) e movimento do tronco no plano frontal (B), da pelve no plano frontal (C), do quadril no plano frontal (D), do quadril no plano transverso (E) e do joelho no plano frontal (F). Linha azul: Curva média com as bandas de desvio-padrão representando o grupo DFP. Linha Vermelha: Curva média com as bandas de desvio-padrão representando o grupo controle. Os valores p e t são apresentados para interpretação.

DISCUSSÃO

Este estudo investigou, por meio da SPM, diferenças na cinemática do tronco, pelve e joelho no plano frontal, bem como do quadril nos planos frontal e transversal, entre mulheres com e sem DFP durante agachamentos unipodais consecutivos. De acordo com o nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo a empregar a SPM para comparar essas variáveis entre mulheres com e sem DFP durante o agachamento unipodal, permitindo uma avaliação mais detalhada da biomecânica ao longo de toda a tarefa. Foi observado que o grupo DFP apresentou maior rotação medial do quadril no início da fase excêntrica (0-3%) e no final da fase concêntrica (94-100%) do agachamento unipodal quando comparado ao grupo controle. Entretanto, diferentemente do hipotetizado, não houve diferença entre os grupos na cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho no plano frontal.

O aumento da rotação medial do quadril no grupo DFP, observado no início da fase excêntrica e no final da fase concêntrica do agachamento unipodal é, em certa medida, consistente com os achados de Nakagawa et al. (2012). Esses autores relataram que mulheres com DFP apresentaram maior rotação medial do quadril durante o agachamento unipodal em comparação a mulheres sem DFP, bem como a homens com e sem essa condição. No entanto, nossos achados contrastam com os resultados de Willson e Davis (2008b), que reportaram que, quando comparadas a mulheres sem DFP, mulheres com DFP demonstraram menor rotação medial do quadril (avaliada quando o joelho estava a 45° de flexão) e menor excursão dessa rotação ao longo do movimento.

Embora Nakagawa et al. (2012) tenham encontrado que mulheres com DFP possuem maior rotação medial do quadril, é importante destacar que o movimento foi analisado usando o pico angular, sem considerar o momento específico em que ele ocorria dentro do ciclo do agachamento. Em contrapartida, o método usado no nosso estudo permitiu uma avaliação mais detalhada, demonstrando que as diferenças entre os grupos ocorreram especificamente no início da fase excêntrica (0-3%) e no final da fase concêntrica (94-100%) da tarefa. No restante da tarefa, as curvas médias dos grupos foram muito semelhantes. Isso avança o conhecimento sobre a cinemática do quadril na DFP, destacando padrões distintos ao longo do movimento.

É importante destacar que, diferentemente de um agachamento isolado (ou seja, com intervalo de repouso entre cada repetição), a execução de ciclos de agachamentos consecutivos exige preparação para a próxima repetição, o que pode influenciar a mecânica articular no final de um ciclo e no início do próximo. Esse aspecto pode justificar as diferenças observadas na transição entre as fases concêntrica e excêntrica (entre 94% do final da fase concêntrica e os

primeiros 3% da fase excêntrica. Isso reforça a importância de avaliar o ciclo completo de agachamentos consecutivos em estudos biomecânicos, pois variações sutis podem passar despercebidas quando apenas pontos discretos do movimento são analisados.

Em um estudo biomecânico prévio foi encontrado que, quando comparada à rotação neutra, a rotação medial do fêmur durante o agachamento bipodal resultou em um aumento significativo do estresse femoropatelar (LIAO et al., 2015). No entanto, a repercussão da maior rotação medial do quadril observada nas mulheres com DFP do nosso estudo sobre o estresse femoropatelar é incerta. Primeiramente, enquanto Liao et al. (2015) avaliaram a cinemática segmentar (ou seja, o movimento do fêmur em relação ao sistema de coordenadas global), nós avaliamos a cinemática do quadril (ou seja, o movimento do fêmur em relação a pelve). Assim, a maior rotação medial do quadril observada no grupo DFP pode ter sido decorrente de uma maior rotação medial do fêmur, maior rotação anterior da pelve contralateral no plano transversal ou ambos. Se a maior rotação medial do quadril foi devida a uma maior rotação anterior da pelve contralateral no plano transversal, é provável que ela não tenha grande influência no estresse femoropatelar. Além disso, a maior rotação medial do quadril no grupo DFP ocorreu em períodos muito pequenos do agachamento (durante apenas 3% da fase excêntrica e 6% da fase concêntrica). Se a maior carga femoropatelar durante esses pequenos períodos é suficiente para produzir sintomas é desconhecido. Por fim, embora a rotação medial do quadril durante esses pequenos períodos das fases excêntrica e concêntrica tenha sido estatisticamente maior no grupo DFP, a diferença entre os grupos foi pequena (aproximadamente 2°). Assim, é possível que essa pequena diferença entre os grupos não resulte em diferença significativa no estresse femoropatelar. Essa hipótese é reforçada pelos resultados de Liao et al. (2015). Enquanto esses autores relataram que rotações mediais do fêmur de 5° e 10° resultaram em maior estresse femoropatelar quando comparadas à rotação neutra do fêmur, nenhuma diferença foi encontrada quando rotações mediais do fêmur de 5° e 10° (diferença de 5°) foram comparadas entre si.

Diferentemente dos nossos resultados, alguns estudos prévios que avaliaram a cinemática 3D do tronco, pelve, quadril e joelho no plano frontal, durante o agachamento unipodal, encontraram diferenças entre pessoas com e sem DFP. Em uma recente revisão sistemática com meta-análise, Waiteman et al., (2022) concluíram que pessoas com DFP possuem maior inclinação ipsilateral do tronco do que pessoas sem DFP. Adicionalmente, Nakagawa et al. (2012) e Nakagawa; Maciel; Serrão (2015) relataram que a queda pélvica contralateral, a adução do quadril e a abdução do joelho também foram maiores nas pessoas com DFP. É importante destacar que Nakagawa et al. (2012) e Nakagawa; Maciel; Serrão

(2015) avaliaram os picos angulares. No entanto, analisando as curvas médias da figura 2, é possível observar a ausência de diferença significativa entre os grupos para os movimentos do tronco, pelve, quadril e joelho no plano frontal mesmo no período do agachamento onde os picos angulares ocorreram. Como demonstrado pelo deslocamento vertical do centro de massa, as participantes do grupo DFP abaixaram significativamente menos durante o agachamento unipodal. Isso poderia explicar parcialmente a ausência de diferença entre os grupos. Além disso, enquanto Nakagawa et al. (2012) e Nakagawa; Maciel; Serrão (2015) realizaram três agachamentos em uma velocidade controlada por metrônomo e com intervalo de repouso entre cada tentativa, no presente estudo foram realizados cinco agachamentos consecutivos em uma velocidade autosselecionada. A metodologia usada no presente estudo proporciona que as pessoas adotem padrões motores mais seguros e confortáveis, pois o controle da velocidade, como realizada por Nakagawa et al. (2012) e Nakagawa; Maciel; Serrão (2015), tem impacto direto no padrão de movimento realizado durante a tarefa (CHAN et al., 2022). Por fim, enquanto nós comparamos mulheres com e sem DFP, Nakagawa; Maciel; Serrão (2015) compararam grupos de sexos mistos. Adicionalmente, embora Nakagawa et al. (2012) tenham comparado mulheres com e sem DFP e homens com e sem DFP, os resultados mostraram que as diferenças entre os grupos ocorreram apenas quando todas as pessoas com DFP (homens e mulheres) foram comparadas ao grupo controle (homens e mulheres). Não foi encontrada interação significativa entre sexo e condição, ou seja, os padrões de movimento do tronco, pelve, quadril e joelho no plano frontal diferiram entre indivíduos com e sem DFP, mas não houve uma diferença específica entre homens e mulheres dentro de cada grupo. Essas diferenças metodológicas podem ajudar a explicar as discrepâncias entre os estudos.

Os resultados deste estudo devem ser interpretados considerando algumas limitações. 1) O desenho transversal do estudo não permite estabelecer relação de causa e efeito; 2) Nossos resultados são limitados a mulheres com idade entre 18 e 45 anos. Estudos futuros deveriam usar a SPM para verificar se há diferença na cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho em homens com e sem DFP, bem como em outras faixas etárias (por exemplo, adolescentes); e 3) O pesquisador que realizou a avaliação cinemática não estava cego em relação à alocação das participantes nos grupos. Embora o cegamento do pesquisador que realizou o processamento dos dados cinemáticos e a análise estatística minimize o risco de viés, a ausência de cegamento do avaliador na fase inicial do estudo deve ser considerada uma limitação.

CONCLUSÃO

Comparadas a mulheres sem DFP, mulheres com DFP mostraram maior rotação medial do quadril no início da fase excêntrica (0-3%) e no final da fase concêntrica (94-100%) durante a execução de agachamentos unipodais consecutivos. No entanto, não foram observadas diferenças entre mulheres com e sem DFP para a cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho no plano frontal. Estes resultados sugerem que, durante a reabilitação de mulheres com DFP, estratégias sejam adotadas para o controle do movimento do quadril no plano transversal durante atividades com suporte do peso corporal.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora estudos anteriores tenham demonstrado que indivíduos com DFP apresentam maior inclinação ipsilateral do tronco, queda pélvica contralateral (NAKAGAWA et al., 2012; NAKAGAWA; MACIEL; SERRÃO, 2015), adução do quadril (NAKAGAWA et al., 2012; NAKAGAWA; MACIEL; SERRÃO, 2015; WILLSON; DAVIS, 2008b) e abdução do joelho (NAKAGAWA et al., 2012; NAKAGAWA; MACIEL; SERRÃO, 2015) durante o agachamento unipodal, deve-se considerar o método de análise utilizado por eles. Esses estudos adotaram uma abordagem baseada em parâmetros discretos. No entanto, essa abordagem pode não ser suficiente para fornecer uma descrição adequada do movimento observado (PREATONI et al., 2013). Quando uma única medida é extraída de uma variável contínua, uma grande quantidade de dados é descartada e informações potencialmente úteis podem não ser consideradas (QUEEN; GROSS; LIU, 2006; RYAN; HARRISON; HAYES, 2006; SUTHERLAND et al., 1996). No presente estudo, a cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho em mulheres com e sem DFP durante o agachamento unipodal foi analisada por meio da *statistical parametric mapping* (SPM), um método que permite analisar diferenças ao longo de toda série temporal (PATAKY, 2010) Ao contrário dos estudos anteriores, diferenças entre os grupos foram encontradas apenas para o movimento do quadril no plano transversal, com as mulheres com DFP apresentando maior rotação medial do quadril no início da fase excêntrica (0-3%) e no final da fase concêntrica (94-100%) do agachamento unipodal. Um outro aspecto que deve ser considerado é a forma como as tentativas de agachamento unipodal foram realizadas. Os estudos anteriores que avaliaram a cinemática durante o agachamento unipodal permitiram um período de repouso entre cada tentativa. Porém, o agachamento unipodal é uma tarefa comumente usada para avaliar a cinemática do membro inferior pois ele simula

atividades comuns de vida diária e atividades esportivas, que são cíclicas. Ou seja, não há um período de repouso durante essas atividades. Assim, decidimos avaliar a cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho durante a execução de agachamentos consecutivos, pois acreditamos que assim a tarefa reproduziria melhor as atividades do dia a dia e esportivas. A forma como realizamos a tarefa provavelmente tem relação com o fato de as diferenças na rotação medial do quadril terem ocorrido apenas no início da fase excêntrica e final da concêntrica. Diferentemente de uma tarefa discreta de agachamento (ou seja, com repouso entre as tentativas) onde o indivíduo não planeja o próximo ciclo ao final do anterior, a realização de agachamentos consecutivos exige que a pessoa se prepare para a próxima tentativa do agachamento. Resumindo, acreditamos que ao usarmos um método que analisa todo o movimento durante a realização de agachamentos consecutivos, os resultados do nosso estudo permitem um avanço no conhecimento em relação às diferenças existentes no movimento do tronco, pelve, quadril e joelho entre mulheres com e sem DFP durante a execução do agachamento unipodal.

6. REFERÊNCIAS

BELL, A. L.; BRAND, R. A.; PEDERSEN, D. R. Prediction of hip joint centre location from external landmarks. **Human Movement Science**, v. 8, n. 1, p. 3–16, 1 fev. 1989.

BELL, A. L.; PEDERSEN, D. R.; BRAND, R. A. A comparison of the accuracy of several hip center location prediction methods. **Journal of biomechanics**, v. 23, n. 6, p. 617–621, 1990.

BERTOZZI, F. et al. Whole-body kinematics during a simulated sprint in flat-water kayakers. **European journal of sport science**, v. 22, n. 6, p. 817–825, 2022.

BOLGLA, L. A. et al. Comparison of the Frontal Plane Projection Angle and the Dynamic Valgus Index to Identify Movement Dysfunction in Females with Patellofemoral Pain. **International journal of sports physical therapy**, v. V18, n. 3, p. 619–625, 2023.

BOLING, M. et al. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 20, n. 5, p. 725–730, out. 2010.

BOLING, M.; PADUA, D. RELATIONSHIP BETWEEN HIP STRENGTH AND TRUNK, HIP, AND KNEE KINEMATICS DURING A JUMP-LANDING TASK IN INDIVIDUALS WITH PATELLOFEMORAL PAIN. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 8, n. 5, p. 661, out. 2013.

CHAN, C. K. et al. EFFECTS OF SQUATTING SPEED AND DEPTH ON LOWER EXTREMITY KINEMATICS, KINETICS AND ENERGETICS. **Journal of Mechanics in Medicine and Biology**, v. 22, n. 5, 1 jun. 2022.

COLLINS, N. J. et al. Prognostic factors for patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. **Br J Sports Med**, v. 47, n. 4, p. 227–233, mar. 2013.

CRAIG, C. L. et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 35, n. 8, p. 1381–1395, 1 ago. 2003.

CROSSLEY, K. M. et al. Performance on the single-leg squat task indicates hip abductor muscle function. **The American journal of sports medicine**, v. 39, n. 4, p. 866–873, abr. 2011.

CROSSLEY, K. M. et al. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 1: Terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 14, p. 833–834, 1 jul. 2016.

DA CUNHA, R. A. et al. Translation, cross-cultural adaptation, and clinimetric testing of instruments used to assess patients with patellofemoral pain syndrome in the Brazilian population. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v. 43, n. 5, p. 332–339, 2013.

DEWIG, D. R. et al. Comparison of discrete and continuous analysis approaches for evaluating gait biomechanics in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. **Gait & posture**, v. 100, p. 261–267, 1 fev. 2023.

FERREIRA, A. S. et al. Which is the best predictor of excessive hip internal rotation in women with patellofemoral pain: Rearfoot eversion or hip muscle strength? Exploring subgroups. **Gait & posture**, v. 62, p. 366–371, 1 maio 2018.

FERREIRA, A. S. et al. Impaired Isometric, Concentric, and Eccentric Rate of Torque Development at the Hip and Knee in Patellofemoral Pain. **Journal of strength and conditioning research**, v. 35, n. 9, p. 2492–2497, 2021.

GROOD, E. S.; SUNTAY, W. J. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. **Journal of biomechanical engineering**, v. 105, n. 2, p. 136–144, 1983.

HERRINGTON, L. Knee valgus angle during single leg squat and landing in patellofemoral pain patients and controls. **The Knee**, v. 21, n. 2, p. 514–517, 2014.

JORDAN, C. M.; KIM, S.; GLAVIANO, N. R. Hip rate of torque development, but not strength, is associated with single-leg squat kinematics in individuals with patellofemoral pain. **Physiotherapy theory and practice**, 2024.

KUJALA, U. M. et al. Scoring of patellofemoral disorders. **Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association**, v. 9, n. 2, p. 159–163, 1993.

LANKHORST, N. E. et al. Factors that predict a poor outcome 5-8 years after the diagnosis of patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. **Br J Sports Med**, v. 50, n. 14, p. 881–886, 1 jul. 2016.

LIAO, T. C. et al. Femur Rotation Increases Patella Cartilage Stress in Females with Patellofemoral Pain. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 47, n. 9, p. 1775–1780, 18 set. 2015.

MACLACHLAN, L. R. et al. The psychological features of patellofemoral pain: a cross-sectional study. **Scandinavian journal of pain**, v. 18, n. 2, p. 261–271, 25 abr. 2018.

MATSUDO, S. et al. QUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FISICA (IPAQ): ESTUDO DE VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE NO BRASIL INTERNATIONAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONNAIRE (IPAQ): STUDY OF VALIDITY AND RELIABILITY IN BRAZIL. **Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 6–18, 2001.

MYER, G. D. et al. The incidence and potential pathomechanics of patellofemoral pain in female athletes. **Clinical biomechanics (Bristol, Avon)**, v. 25, n. 7, p. 700–707, ago. 2010.

MYER, G. D. et al. High knee abduction moments are common risk factors for patellofemoral pain (PFP) and anterior cruciate ligament (ACL) injury in girls: Is PFP itself a predictor for subsequent ACL injury? **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 2, p. 118–122, 1 jan. 2015.

NAKAGAWA, T. H. et al. Trunk, pelvis, hip, and knee kinematics, hip strength, and gluteal muscle activation during a single-leg squat in males and females with and without patellofemoral pain syndrome. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v. 42, n. 6, p. 491–501, 2012.

NAKAGAWA, T. H.; MACIEL, C. D.; SERRÃO, F. V. Trunk biomechanics and its association with hip and knee kinematics in patients with and without patellofemoral pain. **Manual Therapy**, v. 20, n. 1, p. 189–193, 1 fev. 2015.

NEUMANN, D. A. **Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation**. Third Edition ed. St. Louis: Mosby, 2017.

NUNES, G. S. et al. Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis. **Physical Therapy in Sport**, v. 14, n. 1, p. 54–59, 1 fev. 2013.

NUNES, G. S.; BARTON, C. J.; SERRÃO, F. V. Hip rate of force development and strength are impaired in females with patellofemoral pain without signs of altered gluteus medius and maximus morphology. **Journal of science and medicine in sport**, v. 21, n. 2, p. 123–128, 1 fev. 2018.

PATAKY, T. C. Generalized n-dimensional biomechanical field analysis using statistical parametric mapping. **Journal of biomechanics**, v. 43, n. 10, p. 1976–1982, jul. 2010.

PATEL, D. R.; NELSON, T. L. Sports injuries in adolescents. **The Medical clinics of North America**, v. 84, n. 4, p. 983–1007, 2000.

POWERS, C. M. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v. 33, n. 11, p. 639–646, 2003.

POWERS, C. M. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: A biomechanical perspective. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 2, p. 42–51, 1 fev. 2010.

POWERS, C. M. et al. Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: part 3. **British journal of sports medicine**, v. 51, n. 24, p. 1713–1723, 1 dez. 2017.

PREATONI, E. et al. Movement variability and skills monitoring in sports. **Sports biomechanics**, v. 12, n. 2, p. 69–92, jun. 2013.

QUEEN, R. M.; GROSS, M. T.; LIU, H. Y. Repeatability of lower extremity kinetics and kinematics for standardized and self-selected running speeds. **Gait & posture**, v. 23, n. 3, p. 282–287, abr. 2006.

RATHLEFF, C. R. et al. Hip and knee strength is not affected in 12-16 year old adolescents with patellofemoral pain--a cross-sectional population-based study. **PloS one**, v. 8, n. 11, 13 nov. 2013a.

RATHLEFF, M. S. et al. Lower mechanical pressure pain thresholds in female adolescents with patellofemoral pain syndrome. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v. 43, n. 6, p. 414–421, 2013b.

RATHLEFF, M. S. et al. 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, 2014.

RATHLEFF, M. S. et al. Is Knee Pain During Adolescence a Self-limiting Condition? Prognosis of Patellofemoral Pain and Other Types of Knee Pain. **Am J Sports Med**, v. 44, n. 5, p. 1165–1171, 2016.

RODRIGUES, R. et al. Proximal and distal muscle thickness is different in women with patellofemoral pain but is not associated with knee frontal plane projection angle. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 25, p. 205–211, 1 jan. 2021.

RYAN, W.; HARRISON, A.; HAYES, K. Functional data analysis of knee joint kinematics in the vertical jump. **Sports biomechanics**, v. 5, n. 1, p. 121–138, 2006.

SALSICH, G. B.; PERMAN, W. H. Patellofemoral joint contact area is influenced by tibiofemoral rotation alignment in individuals who have patellofemoral pain. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v. 37, n. 9, p. 521–528, 2007.

SCHOLTES, S. A.; SALSICH, G. B. A DYNAMIC VALGUS INDEX THAT COMBINES HIP AND KNEE ANGLES: ASSESSMENT OF UTILITY IN FEMALES WITH PATELLOFEMORAL PAIN. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 12, n. 3, p. 333, jun. 2017.

SMITH, B. E. et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. **PloS one**, v. 13, n. 1, 1 jan. 2018.

SUTHERLAND, D. H. et al. Clinical use of prediction regions for motion analysis. **Developmental medicine and child neurology**, v. 38, n. 9, p. 773–781, 1996.

VASCONCELOS, G. S. et al. Is strength and power training targeting hip and knee muscles superior to strength training in individuals with patellofemoral pain? Proof of concept study. **Scientific reports**, v. 14, n. 1, p. 27450, 10 nov. 2024.

VON ELM, E. et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 61, n. 4, p. 344–349, abr. 2008.

WAITEMAN, M. C. et al. Trunk Biomechanics in Individuals with Knee Disorders: A Systematic Review with Evidence Gap Map and Meta-analysis. **Sports Medicine - Open** 2022 **8:1**, v. 8, n. 1, p. 1–20, 12 dez. 2022.

WARMENHOVEN, J. et al. A force profile analysis comparison between functional data analysis, statistical parametric mapping and statistical non-parametric mapping in on-water single sculling. **Journal of science and medicine in sport**, v. 21, n. 10, p. 1100–1105, 1 out. 2018.

WARNER, M. B. et al. A systematic review of the discriminating biomechanical parameters during the single leg squat. **Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine**, v. 36, p. 78–91, 1 mar. 2019.

WILLSON, J. D.; DAVIS, I. S. Utility of the frontal plane projection angle in females with patellofemoral pain. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v. 38, n. 10, p. 606–615, 2008a.

WILLSON, J. D.; DAVIS, I. S. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. **Clinical biomechanics (Bristol, Avon)**, v. 23, n. 2, p. 203–211, fev. 2008b.

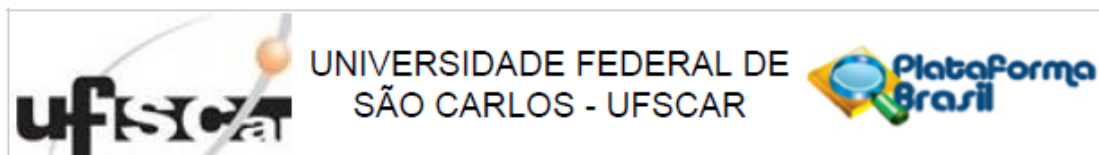
WILLY, R. W. et al. Patellofemoral pain clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability and health from the academy of orthopaedic physical therapy of the American physical therapy association. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 49, n. 9, p. CPG1–CPG95, 1 set. 2019.

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

WU, G. et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion - Part I: Ankle, hip, and spine. **Journal of Biomechanics**, v. 35, n. 4, p. 543–548, 2002.

ZELLER, B. L. et al. Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. **The American journal of sports medicine**, v. 31, n. 3, p. 449–456, 2003.

7. APÊNDICE 1



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MODULAÇÃO CORTICAL DE MULHERES COM E SEM DOR FEMOROPATELAR DURANTE O AGACHAMENTO UNIPODAL: UM ESTUDO CASO-CONTROLE

Pesquisador: CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 77561424.2.0000.5504

Instituição Proponente: Departamento de Fisioterapia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.706.422

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e Avaliação dos Riscos e Benefícios foram extraídas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2282562, de 08/03/2024) e/ou do Projeto Detalhado (Projeto_CEP_08_03, de 08/03/2024): RESUMO, HIPÓTESE, METODOLOGIA, CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.

Resumo:

Pessoas com dor femoropatelar (DFP) apresentam alterações na cinemática do quadril e joelho durante a realização de atividades funcionais que estão associadas ao aumento do estresse femoropatelar. Além de alterações em fatores físicos, essas pessoas também apresentam alterações psicológicas, por exemplo a cinesiofobia. Alguns estudos mostraram alterações na ativação de regiões corticais relacionadas ao controle do movimento (por exemplo, córtex pré-motor) e ao processamento da dor e funcionamento psicológico (por exemplo, córtex pré-frontal) em pessoas com DFP. No entanto, uma limitação importante desses estudos é que a avaliação da atividade cortical foi feita em repouso. O objetivo primário do estudo é verificar se há diferença, entre mulheres com e sem DFP, na modulação do córtex pré-motor e pré-frontal durante o agachamento unipodal. O objetivo secundário é verificar se há diferença, entre os grupos, na cinemática do quadril e joelho. Participarão do estudo mulheres com e sem DFP (18

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 6.706.422

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2282562.pdf	08/03/2024 16:38:31		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_08_03.pdf	08/03/2024 16:36:42	CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA	Aceito
Outros	Carta_resposta_Versao1.pdf	08/03/2024 16:34:28	CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA	Aceito
TCLÉ / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLÉ_CIAS_08_03.pdf	08/03/2024 16:31:58	CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA	Aceito
TCLÉ / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLÉ_Cassius.pdf	15/02/2024 22:53:35	CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_CIAS.pdf	15/02/2024 22:53:26	CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	15/02/2024 22:52:47	CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_Cassius_CCBS_assinado.pdf	12/02/2024 02:47:10	CASSIUS IURY ANSELMO E SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO CARLOS, 16 de Março de 2024

Assinado por:
Adriana Sanches Garcia de Araújo
(Coordenador(a))

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235	CEP: 13.565-905
Bairro: JARDIM GUANABARA	
UF: SP	Município: SAO CARLOS
Telefone: (16)3351-9685	E-mail: cephumanos@ufscar.br