

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 10/02/2022.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**MARINA CABRAL WAITEMAN**

**O PAPEL DE FATORES ESTRUTURAIS E NEUROFISIOLÓGICOS NA  
PRODUÇÃO DO MOMENTO EXTENSOR DO JOELHO EM MULHERES COM  
DOR FEMOROPATELAR**



**PRESIDENTE PRUDENTE**

**2020**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**MARINA CABRAL WAITEMAN**

**O PAPEL DE FATORES ESTRUTURAIS E NEUROFISIOLÓGICOS NA  
PRODUÇÃO DO MOMENTO EXTENSOR DO JOELHO EM MULHERES COM  
DOR FEMOROPATELAR**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia- FCT/UNESP, campus de Presidente Prudente, para a realização da Defesa Pública de Mestrado.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Mícolis de Azevedo

**PRESIDENTE PRUDENTE**

**2020**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** O papel de fatores e neurofisiológicos na produção do momento exterior do joelho em mulheres com dor femoropatelar


**AUTORA:** MARINA CABRAL WAITEMAN

**ORIENTADOR:** FABIO MÍCOLIS DE AZEVEDO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em FISIOTERAPIA, área: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. FABIO MÍCOLIS DE AZEVEDO  
Departamento de Fisioterapia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP

  
Prof. Dr. RUBEN DE FÁRIA NEGRÃO FILHO  
Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - SP

  
Prof. Dr. FERNANDO HENRIQUE MAGALHÃES  
Universidade de São Paulo - USP

Presidente Prudente, 10 de fevereiro de 2020

W145p	<p>Waiteman, Marina Cabral</p> <p>O papel de fatores estruturais e neurofisiológicos na produção do momento extensor do joelho em mulheres com dor femoropatelar / Marina Cabral Waiteman. -- Presidente Prudente, 2020</p> <p>72 p. : il., tabs.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente</p> <p>Orientador: Fábio Micolis de Azevedo</p> <p>1. Fisioterapia. 2. Dor femoropatelar. 3. Momentos angulares. 4. Neurofisiologia. 5. Crepitação de joelho. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

*Dedicatória*

---

---

*Dedico este trabalho àqueles que nunca me abandonaram e que sempre me deram forças nos momentos mais difíceis. Estes são os meus pais e o meu irmão.*

*Agradecimientos*

---

---



À Deus, Nossa Senhora e minha tia Cecília por estarem sempre ao meu lado, por cuidarem de mim quando nem eu mesma pude, por me fazerem compreender que existem razões para os momentos difíceis, por me levantarem tantas vezes, por olharem por mim quando ninguém mais pôde, por guiarem meus passos.

A todos aqueles que me amam, que foram e são a minha família. Àqueles que em todos os momentos souberam apenas me dar amor, paz, carinho, que me ouviram mesmo quando eles também não tinham forças, que me incentivaram e torceram pelas minhas conquistas. Por acreditarem em mim quando nem eu mesma acreditei.

A minha terapeuta Jaqueline. Eu não consigo encontrar palavras pra expressar a minha gratidão por ela.

Aos meus companheiros de laboratório Ronaldo, Amanda, Danilo, Marcella, Liliam, Matheus, Bianca, Carmen e Helder por todo o trabalho em equipe e empenho em auxiliar no crescimento de cada um. Agradeço principalmente àqueles que me acompanham em longa data e que acreditaram em mim.

Ao David Bazett-Jones, que me hospedou nos Estados Unidos por 5 meses, que me fez ter outras visões sobre minha vida profissional e pessoal, que me apoiou e me incentivou inúmeras vezes. Agradeço os ensinamentos e a parceria que em pouco tempo foram incontáveis.

Ao meu professor e orientador Fábio Mícolis pelos ensinamentos, pelo apoio, pelo reconhecimento e pela dedicação no meu trabalho. Sem ele eu jamais conseguiria chegar até aqui.

A todas as pessoas que tive a oportunidade de conhecer neste período e que deixaram um pouco de si em mim e neste trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio (Processos nº 2018/07542-7 e 2019/03214-8) com bolsas de Mestrado no país e no exterior. Esses auxílio me proporcionaram crescimento pessoal e profissional imensuráveis e foram cruciais para que eu pudesse conduzir e finalizar esse trabalho com tanta dedicação.

*Epígrafe*

---

---

*“Stay hungry, stay foolish”*

*(Frase proferida por Steve Jobs em um de seus mais importantes discursos)*

## Sumário

Contextualização .....	17
Estudo 1: A relação do reflexo H do músculo vasto medial com o momento extensor do joelho durante atividades funcionais em mulheres com DFP.....	21
Introdução.....	21
Métodos .....	23
Resultados.....	30
Discussão .....	36
Conclusão .....	40
Estudo 2: Influência da crepitação de joelho em padrões de movimento de mulheres com e sem dor femoropatelar .....	41
Introdução.....	41
Métodos .....	43
Resultados.....	49
Discussão .....	54
Conclusão .....	56
Considerações finais e direcionamentos futuros .....	58
Referências .....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados demográficos e medidas auto reportadas em mulheres com DFP.....	31
Tabela 2. Descrição dos parâmetros do momento extensor do joelho durante <i>step-down</i> , agachamento e descida de escada em mulheres com DFP .....	32
Tabela 3. Correlação entre o reflexo H e os parâmetros do momento extensor do joelho durante <i>step-down</i> , agachamento e descida de escada em mulheres com DFP.....	33
Tabela 4. Medidas antropométricas das participantes .....	51
Tabela 5. Média (DP) da cinemática de tronco e joelho e dos parâmetros do momento extensor do joelho durante a tarefa de <i>step-down</i> .....	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráficos de correlações entre o reflexo H com pico, pico da potência e taxa de desenvolvimento do momento extensor do joelho durante step-down em mulheres com DFP .....	34
Figura 2. Gráficos de correlações entre o reflexo H com pico, pico da potência e taxa de desenvolvimento do momento extensor do joelho durante agachamento em mulheres com DFP.....	35
Figura 3. Gráficos de correlações entre o reflexo H com pico, pico da potência e taxa de desenvolvimento do momento extensor do joelho durante descida de escada em mulheres com DFP .....	36
Figura 4. Recrutamento das participantes, divisão dos grupos e análises subsequentemente realizadas .....	46
Figura 5. Gráficos de curvas dos valores médios para a cinemática no plano sagital do tronco (A) joelho (B) e para o momento extensor do joelho (C) entre os grupos durante a tarefa de <i>step-down</i> . Valores positivos indicam flexão de tronco e joelho e um momento extensor do joelho interno.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS

DFP – dor femoropatelar;

MEJ – momento extensor do joelho;

AFP – articulação femoropatelar;

VM – vasto medial;

EVA – escala visual analógica;

IMC – índice de massa corporal;

AKPS – *anterior knee pain scale*;

ICC – *intra-class correlation coefficient*;

SPSS – *Statistical Software for Social Science*;

ANOVA – Análise de variância;

## **Resumo**

A dor femoropatelar (DFP) é uma das desordens de joelho mais comumente reportada na população geral e populações específicas (atletas, adolescentes e militares), sendo a população feminina mais afetada. Por anos, pesquisadores têm investigado mecanismos que possam explicar o desenvolvimento e a persistência da DFP, como a função muscular do quadríceps femoral. Especificamente, alterações na produção do momento extensor do joelho (MEJ) têm sido reportadas, embora ainda com limitada investigação, e definidas como importantes alterações que necessitam de análises mais aprofundadas no contexto da DFP. Sugere-se que uma melhor compreensão dos mecanismos envolvidos com essas alterações possa fornecer novas informações a respeito do desenvolvimento da DFP e também novas abordagens clínicas a serem investigadas para auxiliar no prognóstico desses pacientes. É proposto que as alterações no MEJ possam estar inter-relacionadas com alterações estruturais e neurofisiológicas recentemente investigadas. Assim, o principal objetivo desse trabalho foi investigar o papel da presença da crepitação do joelho e de alterações no reflexo H na produção do MEJ em mulheres com DFP baseado em dois importantes estudos que fundamentaram essa dissertação. Resultados controversos ao que tem sido teorizado pela literatura foram encontrados, entretanto, estas ainda são investigações primárias e cautelas a respeito de quaisquer conclusões devem ser tomadas. Investigações futuras são importantes para maior compreensão das alterações do MEJ na DFP.

**Palavras chaves:** dor femoropatelar, momento extensor do joelho, reflexo H, crepitação de joelho



## **Abstract**

Patellofemoral pain (PFP) is one of the most commonly reported knee disorder in general population and also in specific populations (athletes, adolescents and military), being women the most affected population. For years, researchers have been investigated several mechanisms in an attempt to understand the development and persistence of PFP, such quadriceps muscular function. More specifically, alterations on knee extensor moment (KEM) production have been reported, although poor explored so far, and defined as important to be more deeply explored in PFP context. It is suggested that a better comprehension about mechanisms involved with KEM alterations can provide novel information about PFP development and also novel insights for clinical approaches to be investigated in order to help in PFP prognosis. Interestingly, it has been proposed that KEM alterations can be inter-related to structural and neurophysiological factors, which were recently explored in PFP. However, these inter-relationships have not been investigated. The mainly aim of this work was to investigate the role of knee crepitus presence and H reflex alterations in KEM in women with PFP based in two important studies that substantiated this mainly work. Controversial findings related to what have been proposed in theory by the literature were found. However these are only primary investigations and caution with any conclusion should be taken. Future investigations are important for more comprehension about KEM alterations in PFP.

**Keywords:** patellofemoral pain, knee extensor moment, H-reflex, knee crepitus

## Introdução

A DFP é uma das desordens de joelho mais comuns na população geral<sup>1,28</sup>, apresentando uma prevalência anual de 22.7%<sup>1</sup>. Mulheres têm sido uma população foco nas pesquisas em DFP por apresentarem maior prevalência (estimada de 13% em mulheres jovens adultas)<sup>29</sup> e propensão (aproximadamente duas vezes mais chances) comparado aos homens<sup>30</sup>. Sem a presença de histórico de trauma ou lesão, a DFP é definida como uma dor difusa na região anterior do joelho<sup>2</sup>, exacerbada por atividades que sobrecarregam a articulação femoropatelar (AFP), como agachamento, subida e descida de escada<sup>2</sup>. Ainda, a importância de se compreender os mecanismos relacionados com a DFP tem sido cada vez mais evidenciada uma vez que esta é uma condição persistente<sup>3</sup> e que afeta a qualidade de vida dos indivíduos<sup>8</sup>.

Alterações da função de músculos extensores de joelho têm sido reportadas em indivíduos com DFP<sup>13,18,31-33</sup>. Menor volume e área transversal do quadríceps femoral, redução da produção do MEJ e torque extensor foram encontradas nessa população<sup>18,19,31,32</sup>. Além disso, alterações na produção de força muscular de extensores de joelho são reportadas como fatores de risco para o desenvolvimento da DFP<sup>34</sup>. Ainda, a persistência dos danos na produção de força dos músculos extensores de joelho pode contribuir para a incompleta recuperação após intervenções e afetar o prognóstico da DFP<sup>3,35</sup>. Com maior enfoque, sugere-se que fatores biomecânicos previamente explorados como movimentos do tronco e joelho reportados em indivíduos com DFP poderiam alterar a capacidade de produção de

força dos músculos extensores de joelho<sup>17-19</sup>. Recentemente têm-se proposto também que alterações em mecanismos intrínsecos tais como aqueles relacionados ao controle de impulsos motores eferentes contribuiriam para os danos da produção de força muscular de extensores de joelho de indivíduos com DFP<sup>32,36,37</sup>. A inter-relação entre mecanismos neurofisiológicos e alterações na função muscular de quadríceps é proposta por consensos da DFP, contudo, tem sido ainda muito pouco investigada<sup>12,14</sup>.

Fatores neurofisiológicos foram recentemente explorados em músculos do quadríceps femoral em indivíduos com DFP e uma redução da amplitude do reflexo H do vasto medial (VM) foi encontrada<sup>26,27</sup>. A redução na excitabilidade do reflexo H tem sido reportada estar relacionada com maiores níveis de dor e maior duração dos sintomas em indivíduos com DFP<sup>26</sup>. Entretanto, uma vez que o reflexo H é uma medida utilizada para estimar a excitabilidade dos  $\alpha$  motoneurônios<sup>38,39</sup>, a sua redução pode indicar uma redução da condução motora eferente mediada por mecanismos inibitórios aferentes a nível espinal<sup>40</sup>. Uma menor amplitude do reflexo H do VM parece explicar, pelo menos em partes, as alterações da contração voluntária de quadríceps femoral sob presença de dor no joelho, o que por sua vez sugere uma relação entre as vias voluntárias e involuntárias no controle da geração de força<sup>40</sup>. Entretanto, até o momento nenhum estudo investigou se alterações na excitabilidade do reflexo H se relacionam com as alterações da produção de força muscular de extensores de joelho, como por meio da análise das alterações na produção do MEJ durante atividades funcionais, em indivíduos com DFP.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo investigar se a redução do reflexo H do VM se relaciona com o pico, pico da potência e taxa de desenvolvimento do MEJ durante *step-down*, agachamento e descida de escada em mulheres com DFP. Nossa hipótese é de que

o reflexo H se relacione significativamente com os parâmetros do MEJ durante as atividade funcionais em mulheres com DFP.

## Conclusão

Não existem correlações significantes entre o reflexo H com o pico, pico da potência e taxa de desenvolvimento do MEJ durante *step-down*, agachamento e descida de escada em mulheres com DFP. Esse é o primeiro estudo a investigar a relação do reflexo H com parâmetros da função muscular em indivíduos com DFP e, portanto, cautelas precisam ser tomadas em quaisquer conclusões. Novos estudos são necessários para investigar a relação das alterações neurofisiológicas com as alterações da função muscular de extensores de joelho em indivíduos com DFP.

## **Referências**

1. Smith BE, Selfe J, Thacker D, et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2018;13(1):e0190892. doi:10.1371/journal.pone.0190892
2. Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, 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 m. *Br J Sports Med*. 2016;50(14):839-843. doi:10.1136/bjsports-2016-096384
3. Lankhorst NE, van Middelkoop M, Crossley KM, 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*. 2015;50(14):881-886. doi:10.1136/bjsports-2015-094664
4. Rathleff CR, Olesen JL, Roos EM, Rasmussen S, Rathleff MS. Half of 12-15-year-olds with knee pain still have pain after one year. *Dan Med J*. 2013;60(11):1-5.
5. Rathleff MS, Rathleff CR, Olesen JL, Rasmussen S, Roos EM. Is knee pain during adolescence a self-limiting condition? Prognosis of patellofemoral pain and other types of knee Pain. *Am J Sports Med*. 2016;44(5):1165-1171. doi:10.1177/0363546515622456
6. Collins NJ, Bierma-Zeinstra SMA, Crossley KM, Van Linschoten RL, Vicenzino B, Van Middelkoop M. Prognostic factors for patellofemoral pain: A multicentre

- observational analysis. *Br J Sports Med.* 2013;47:227-233. doi:10.1136/bjsports-2012-091696
7. Collins NJ, Oei EHG, de Kanter JL, Vicenzino B, Crossley KM. Prevalence of radiographic and MRI features of patellofemoral osteoarthritis in young and middle-aged adults with persistent patellofemoral pain. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2018. doi:10.1002/acr.23726
  8. Coburn SL, Barton CJ, Filbay SR, Hart HF, Rathleff MS, Crossley KM. Quality of life in individuals with patellofemoral pain: A systematic review including meta-analysis. *Phys Ther Sport.* 2018;33:96-108. doi:10.1016/j.ptsp.2018.06.006
  9. Ferrari D, Briani RV, 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.* 2018;60:268-272. doi:10.1016/j.gaitpost.2017.07.034
  10. Glaviano NR, Baellow A, Saliba S. Physical activity levels in individuals with and without patellofemoral pain. *Phys Ther Sport.* 2017;27:12-16. doi:10.1016/j.ptsp.2017.07.002
  11. Maclachlan LR, Matthews M, Hodges PW, Collins NJ, Vicenzino B. The psychological features of patellofemoral pain: a cross-sectional study. *Scand J Pain.* 2018;18(2):261-271. doi:10.1515/sjpain-2018-0025
  12. Witvrouw E, Callaghan MJ, Stefanik JJ, et al. Patellofemoral pain: consensus statement from the 3rd International Patellofemoral Pain Research Retreat held in Vancouver,

- September 2013. *Br J Sports Med.* 2014;48(6):411-414. doi:10.1136/bjsports-2014-093450
13. Powers CM, Witvrouw E, Davis IS, Crossley KM. 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. *Br J Sports Med.* 2017;51(24):1713-1723. doi:10.1136/bjsports-2017-098717
  14. Powers CM, Bolgla LA, Callaghan MJ, Collins N, Sheehan FT. *Patellofemoral Pain: Proximal, Distal, and Local Factors—2nd International Research Retreat.* Vol 42.; 2012. doi:10.2519/jospt.2012.0301
  15. Collins NJ, Barton CJ, Middelkoop M Van, et al. 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017. *Br J Sport Med.* 2018. doi:10.1136/bjsports-2018-099397
  16. Crossley KM, Middelkoop M Van, Callaghan MJ, Collins NJ, Rathleff MS, Barton CJ. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 2: Recommended physical interventions (exercise, taping, bracing, foot orthoses and combined interventions). *Br J Sports Med.* 2016;50(14):844-852. doi:10.1136/bjsports-2016-096268
  17. Claudon B, Poussel M, Billon-Grumillier C, Beyaert C, Paysant J. Knee kinetic pattern during gait and anterior knee pain before and after rehabilitation in patients with



- patellofemoral pain syndrome. *Gait Posture*. 2012;36(1):139-143.  
doi:10.1016/j.gaitpost.2012.02.003
18. Salsich GB, Brechter JH, Powers CM. Lower extremity kinetics during stair ambulation in patients with and without patellofemoral pain. *Clin Biomech*. 2001;16(10):906-912.
  19. Brechter JH, Powers CM. Patellofemoral joint stress during stair ascent and descent in persons with and without patellofemoral pain. *Gait Posture*. 2002;16(2):115-123.  
doi:10.1016/S0966-6362(02)00090-5
  20. Powers CM, Landel R, Perry J. Timing and intensity of vastus muscle activity during functional activities in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther*. 1996;76(9):946-967.
  21. de Oliveira Silva D, Barton C, Crossley K, et al. Implications of knee crepitus to the overall clinical presentation of women with and without patellofemoral pain. *Phys Ther Sport*. 2018;33:89-95. doi:10.1016/j.ptsp.2018.07.007
  22. de Oliveira Silva D, Pazzinatto MF, Priore LB Del, et al. Knee crepitus is prevalent in women with patellofemoral pain, but is not related with function, physical activity and pain. *Phys Ther Sport*. 2018;33:7-11. doi:10.1016/j.ptsp.2018.06.002
  23. Greuel H, Herrington L, Liu A, Jones RK. How does acute pain influence biomechanics and quadriceps function in individuals with patellofemoral pain? *Knee*. 2019;26(2):330-338. doi:10.1016/j.knee.2018.12.008
  24. Gallina A, Hunt MA, Hodges P, Garland SJ. Vastus lateralis motor unit firing rate is

- higher in females with patellofemoral pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2018. doi:10.1016/j.apmr.2018.01.019
25. Te M, Baptista AF, Chipchase LS, Schabrun SM. Primary motor cortex organization is altered in persistent patellofemoral pain. *Pain Med.* 2017;1-11. doi:10.1093/pm/pnx036
  26. De Oliveira Silva D, Magalhães FH, Faria NC, et al. Vastus medialis hoffmann reflex excitability is associated with pain level, self-reported function, and chronicity in women with patellofemoral pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2017;98(1):114-119. doi:10.1016/j.apmr.2016.06.011
  27. De Oliveira Silva D, Magalhães FH, Faria NC, et al. Lower amplitude of the hoffmann reflex in women with patellofemoral pain: Thinking beyond proximal, local, and distal factors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016;97(7):1115-1120. doi:10.1016/j.apmr.2015.12.017
  28. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Smith-Lloyd DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med.* 2002;36:95-101. doi:10.1136/bjism.36.2.95
  29. Roush JR, Bay RC. Prevalence of anterior knee pain in 18-35 year-old females. *Int J Sports Phys Ther.* 2012;7(4):396-401.
  30. Boling M, Padua D, Marshall K, Guskiewicz K, Pyne S, Beutler A. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scand J Med Sci Sport.* 2010;20(5):725-730. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00996.x.Gender
  31. Kaya D, Citaker S, Kerimoglu U, et al. Women with patellofemoral pain syndrome

- have quadriceps femoris volume and strength deficiency. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2011;19(2):242-247. doi:10.1007/s00167-010-1290-2
32. Ferreira AS, de Oliveira Silva D, Barton CJ, et al. Impaired isometric, concentric, and eccentric rate of torque development at the hip and knee in patellofemoral pain. *J Strength Cond Res.* 2019. doi:10.1519/JSC.0000000000003179
33. Giles LS, Webster KE, McClelland JA, Cook J. Does quadriceps atrophy exist in individuals with patellofemoral pain? A systematic literature review with meta-analysis. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2013;43(11):766-776. doi:10.2519/jospt.2013.4833
34. Neal BS, Lack SD, Lankhorst NE, Raye A, Morrissey D, Van Middelkoop M. Risk factors for patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2019;53(5):270-281. doi:10.1136/bjsports-2017-098890
35. Willy RW, Hoggund LT, Barton CJ, 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. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2019;49(9):CPG1–CPG95. doi:10.2519/jospt.2019.0302
36. Ferreira AS, de Oliveira Silva D, Ferrari D, et al. Knee and hip isometric force steadiness are impaired in women with patellofemoral pain. *J Strength Cond Res.* 2019:1-8. doi:10.1519/jsc.0000000000003215
37. Hart JM, Pietrosimone B, Hertel J, Ingersoll CD. Quadriceps activation following knee

- injuries: A systematic review. *J Athl Train*. 2010;45(1):87-97. doi:10.4085/1062-6050-45.1.87
38. Palmieri RM, Ingersoll CD, Hoffman MA. The Hoffmann reflex: Methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research. *J Athl Train*. 2004;39(3):268-277. doi:10.1007/s00421-003-0967-3
39. Hopkins JT, Ingersoll CD. Arthrogenic muscle inhibition: A limiting factor in joint rehabilitation. *J Sport Rehabil*. 2000;9(2):135-159. doi:10.1123/jsr.9.2.135
40. Park J, Hopkins JT. Induced anterior knee pain immediately reduces involuntary and voluntary quadriceps activation. *Clin J Sport Med*. 2013;23(1):19-24.
41. Cook C, Mabry L, Reiman MP, Hegedus EJ. Best tests/clinical findings for screening and diagnosis of patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *Physiotherapy*. 2012;98(2):93-100. doi:10.1016/j.physio.2011.09.001
42. Nunes GS, Stapait EL, Kirsten MH, de Noronha M, Santos GM. Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2013;14(1):54-59. doi:10.1016/j.ptsp.2012.11.003
43. Crossley KM, Bennell KL, Cowan SM, Green S. Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: Which are reliable and valid? *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(5):815-822. doi:10.1016/S0003-9993(03)00613-0
44. Kujala UM, Jaakkola LH, Koskinen SK, Taimela S, Hurme M, Nelimarkka O. Scoring of patellofemoral disorders. *Arthroscopy*. 1993;9(2):159-163. doi:10.1016/S0749-8063(05)80366-4

45. Floeter M, Kohn A. H-reflexes of different sizes exhibit differential sensitivity to low frequency depression. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1997;105(6):470-475. doi:10.1016/S0924-980X(97)00032-5
46. Doguet V, Jubeau M. Reliability of H-reflex in vastus lateralis and vastus medialis muscles during passive and active isometric conditions. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(12):2509-2519. doi:10.1007/s00421-014-2969-8
47. Waiteman MC, Briani RV, Ferraz Pazzinatto M, et al. Relationship between knee abduction moment with patellofemoral joint reaction force, stress and self-reported pain during stair descent in women with patellofemoral pain. *Clin Biomech.* 2018;59:110-116. doi:10.1016/j.clinbiomech.2018.09.012
48. Yu B, Kienbacher T, Growney ES, Johnson ME, An KN. Reproducibility of the kinematics and kinetics of the lower extremity during normal stair-climbing. *J Orthop Res.* 1997;15(3):348-352. doi:10.1002/jor.1100150306
49. De Oliveira Silva D, Barton CJ, Pazzinatto MF, Briani RV, De Azevedo FM. Proximal mechanics during stair ascent are more discriminate of females with patellofemoral pain than distal mechanics. *Clin Biomech.* 2016;35:56-61. doi:10.1016/j.clinbiomech.2016.04.009
50. De Oliveira Silva D, Magalhães FH, Pazzinatto MF, et al. Contribution of altered hip, knee and foot kinematics to dynamic postural impairments in females with patellofemoral pain during stair ascent. *Knee.* 2016;23(3):376-381. doi:10.1016/j.knee.2016.01.014

51. Park K-M, Cynn H-S, Choung S-D. Musculoskeletal predictors of movement quality for the forward step-down test in asymptomatic women. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2013;43(7):504-510. doi:10.2519/jospt.2013.4073
52. Winter D. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement.* 4th ed. (Sons JW&, ed.). New Jersey; 2009.
53. Loudon JK, Wiesner D, Goist-Foley HL, Asjes C, Loudon KL. Intrarater reliability of functional performance tests for subjects with patellofemoral pain syndrome. *J Athl Train.* 2002;37(3):256-261.
54. Motta-Oishi AAP, Magalhães FH, Mícolis de Azevedo F. Neuromuscular electrical stimulation for stroke rehabilitation: Is spinal plasticity a possible mechanism associated with diminished spasticity? *Med Hypotheses.* 2013;81(5):784-788. doi:10.1016/j.mehy.2013.08.013
55. Palmieri RM, Ingersoll CD. Intersession reliability of a protocol to assess reflex activation history in the vastus medialis. *Int J Neurosci.* 2005;115(5):735-740. doi:10.1080/00207450590523404
56. Portney L, Watkins M. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice.* 3<sup>o</sup>. New Jersey: Pearson Prentice Hall; 2009.
57. Rice DA, McNair PJ. Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: Neural mechanisms and treatment perspectives. *Semin Arthritis Rheum.* 2010;40(3):250-266. doi:10.1016/j.semarthrit.2009.10.001
58. Stathopulu E, Baildam E. Anterior knee pain: A long-term follow-up. *Rheumatology.*

2003;42(2):380-382. doi:10.1093/rheumatology/keg093

59. Knikou M. The H-reflex as a probe: Pathways and pitfalls. *J Neurosci Methods*. 2008;171:1-12. doi:10.1016/j.jneumeth.2008.02.012
60. Glaviano NR, Bazett-Jones DM, Norte G. Gluteal muscle inhibition: Consequences of patellofemoral pain? *Med Hypotheses*. 2019;126:9-14. doi:10.1016/j.mehy.2019.02.046
61. Tucker K, Larsson AK, Oknelid S, Hodges P. Similar alteration of motor unit recruitment strategies during the anticipation and experience of pain. *Pain*. 2012;153(3):636-643. doi:10.1016/j.pain.2011.11.024
62. Crossley KM, Cowan SM, Bennell KL, McConnell J. Knee flexion during stair ambulation is altered in individuals with patellofemoral pain. *J Orthop Res*. 2004;22(2):267-274. doi:10.1016/j.orthres.2003.08.014
63. Roush J, Bay RC. Prevalence of anterior knee pain in 18-35 year-old females. *Int J Sports Phys Ther*. 2012;7(4):396-401. doi:10.1016/j.jsams.2011.05.004
64. Ferreira AS, de Oliveira Silva D, Priore LB Del, et al. Differences in pain and function between adolescent athletes and physically active non-athletes with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport*. 2018;33:70-75. doi:10.1016/j.ptsp.2018.07.005
65. Maclachlan LR, Collins NJ, Matthews MLG, Hodges PW, Vicenzino B. The psychological features of patellofemoral pain: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2017;51(9):732-742. doi:10.1136/bjsports-2016-096705
66. de Oliveira Silva D, Barton CJ, Briani RV, et al. Kinesiophobia, but not strength is associated with altered movement in women with patellofemoral pain. *Gait Posture*.

2019;68:1-5. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.10.033

67. Priore LB, Azevedo FM, Pazzinatto MF, et al. Influence of kinesiophobia and pain catastrophism on objective function in women with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport*. 2019;35:116-121. doi:10.1016/j.ptsp.2018.11.013
68. Crema MD, Guermazi A, Syre EC, et al. The association of magnetic resonance imaging (MRI)-detected structural pathology of the knee with crepitus in a population-based cohort with knee pain: The MoDEKO study. *Osteoarthr Cartil*. 2011;19(12):1429-1432. doi:10.1016/j.joca.2011.09.003
69. Schiphof D, Van Middelkoop M, De Klerk BM, et al. Crepitus is a first indication of patellofemoral osteoarthritis (and not of tibiofemoral osteoarthritis). *Osteoarthr Cartil*. 2014;22(5):631-638. doi:10.1016/j.joca.2014.02.008
70. Robertson CJ, Hurley M, Jones F. People's beliefs about the meaning of crepitus in patellofemoral pain and the impact of these beliefs on their behaviour: A qualitative study. *Musculoskelet Sci Pract*. 2017;28:59-64. doi:10.1016/j.msksp.2017.01.012
71. Bley AS, Correa JCF, Reis AC Dos, Rabelo NDDA, Marchetti PH, Lucareli PRG. Propulsion Phase of the single leg triple hop test in women with patellofemoral pain syndrome: A biomechanical study. *PLoS One*. 2014;9(5):e97606. doi:10.1371/journal.pone.0097606
72. De Oliveira Silva D, Briani RV, Pazzinatto MF, Ferrari D, Aragão FA, De Azevedo FM. Reduced knee flexion is a possible cause of increased loading rates in individuals with patellofemoral pain. *Clin Biomech*. 2015;30(9):971-975.



doi:10.1016/j.clinbiomech.2015.06.021

73. Hyde TE, Gengenbach MS. *Conservative Management of Sports Injuries*. 2nd ed. Sudbury, Massachusetts: Jones & Bartlett; 2007.
74. Song SJ, Park CH, Liang H, Kim SJ. Noise around the knee. *Clin Orthop Surg*. 2018;10(1):1-8.
75. Grenholm A, Stensdotter AK, Häger-Ross C. Kinematic analyses during stair descent in young women with patellofemoral pain. *Clin Biomech*. 2009;24:88-94. doi:10.1016/j.clinbiomech.2008.09.004
76. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Vol 2. New York: Routledge; 1988.
77. Dierks TA, Manal KT, Hamill J, Davis I. Lower extremity kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(4):693-700. doi:10.1249/MSS.0b013e3181f744f5
78. Burston J, Richards J, Selfe J. The effects of three quarter and full length foot orthoses on knee mechanics in healthy subjects and patellofemoral pain patients when walking and descending stairs. *Gait Posture*. 2018;62:518-522. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.04.018
79. Brindle TJ, Mattacola C, McCrory J. Electromyographic changes in the gluteus medius during stair ascent and descent in subjects with anterior knee pain. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2003;11(4):244-251. doi:10.1007/s00167-003-0353-z
80. Nakagawa TH, Moriya ÉTU, Maciel CD, Serrão F V. Test-retest reliability of three-

- dimensional kinematics using an electromagnetic tracking system during single-leg squat and stepping maneuver. *Gait Posture*. 2014;39(1):141-146. doi:10.1016/j.gaitpost.2013.06.011
81. Besier TF, Draper CE, Gold GE, Beaupré GS, Delp SL. Patellofemoral joint contact area increases with knee flexion and weight-bearing. *J Orthop Res*. 2005;23(2):345-350. doi:10.1016/j.orthres.2004.08.003
  82. Cook TM, Farrell KP, Carey IA, Gibbs JM, Wiger GE. Effects of restricted knee flexion and walking speed on the vertical ground reaction force during gait. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1997;25(4):236-244. doi:10.2519/jospt.1997.25.4.236
  83. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(2):42-51. doi:10.2519/jospt.2010.3337
  84. Lopes Ferreira C, Barton G, Delgado Borges L, dos Anjos Rabelo ND, Politti F, Garcia Lucareli PR. Step down tests are the tasks that most differentiate the kinematics of women with patellofemoral pain compared to asymptomatic controls. *Gait Posture*. 2019;72:129-134. doi:10.1016/j.gaitpost.2019.05.023
  85. Hart HF, Barton CJ, Khan KM, Riel H, Crossley KM. Is body mass index associated with patellofemoral pain and patellofemoral osteoarthritis? A systematic review and meta-regression and analysis. *Br J Sports Med*. 2017;51(10):781-790. doi:10.1136/bjsports-2016-096768