



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

***MODIFICAÇÕES DA TÉCNICA DE CORRIDA:  
ASPECTOS BIOMECÂNICOS E CLÍNICOS EM  
CORREDORES COM E SEM DOR PATELOFEMORAL***

***ANA FLÁVIA DOS SANTOS***

São Carlos  
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

# ***MODIFICAÇÕES DA TÉCNICA DE CORRIDA: ASPECTOS BIOMECÂNICOS E CLÍNICOS EM CORREDORES COM E SEM DOR PATELOFEMORAL***

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia (PPG-FT) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Fisioterapia, Área de Concentração: Processos de avaliação e intervenção em fisioterapia do sistema músculo esquelético.

***DISCENTE***  
***ANA FLÁVIA DOS SANTOS***

***ORIENTADOR***

***PROF. DR. FÁBIO VIADANNA SERRÃO***

Departamento de Fisioterapia  
Universidade Federal de São Carlos

***CO-ORIENTADORA***

***PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. THERESA HELISSA NAKAGAWA***

Departamento de Fisioterapia  
Centro Universitário do Norte

***SUPERVISOR DE ESTÁGIO NO EXTERIOR (BEPE)***

***PROF. DR. REED FERBER***

Faculties Kinesiology and Nursing  
University of Calgary

São Carlos  
2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

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

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Ana Flávia dos Santos, realizada em 05/05/2017:

---

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão  
UFSCar

---

Profa. Dra. Ana Beatriz de Oliveira  
UFSCar

---

Profa. Dra. Isabel de Camargo Neves Sacco  
USP

---

Prof. Dr. Reginaldo Kisho Fukuchi  
UFABC

---

Profa. Dra. Tania de Fatima Salvini  
UFSCar

Este trabalho foi realizado com Apoio Financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. Bolsa de Doutorado Regular processo número 2013/26318-7 e Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) processo número 2015/20306-2.

*Dedico esta Tese...*

*Aos meus pais, Cláudio e Tiana,  
pela dedicação na minha formação.*

## AGRADECIMENTOS

*Sinto-me honrada por completar mais uma etapa da minha vida acadêmica. Foram três anos intensos, durante os quais recebi colaboração, auxílio e muito suporte de inúmeras pessoas. Expresso aqui a minha mais sincera gratidão a todos vocês que fizeram parte deste meu sonho...*

*À minha universidade, a **Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)**, minha casa nos últimos 9 anos, palco das minhas maiores conquistas até o momento.*

*À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (**FAPESP**) pelas bolsas de estudos concedidas (processos números 2013/26318-7 e 2015/20306-2).*

*Aos **voluntários**, pela boa vontade, atenção, paciência e disponibilidade em contribuir com a realização deste projeto de pesquisa.*

*Ao meu orientador, **Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão**, agradeço primeiramente pela oportunidade de aprendizado em seu laboratório desde os primeiros anos da minha graduação. Levo comigo um grande amadurecimento científico, conseguido através da convivência com você e seu grupo, que sempre foi excepcional. Muito obrigada pela amizade, confiança no meu trabalho e pelo suporte principalmente neste início de 2017.*

*Agradeço à minha amiga e co-orientadora, **Prof<sup>ra</sup>. Dr<sup>a</sup>. Theresa Helissa Nakagawa**. Não apenas pela colaboração em todas as etapas deste trabalho, mas por ser um grande exemplo para mim. Aprendo muito com você, Mãe Theresa. Obrigada por confiar em mim e compartilhar sua sabedoria! Você faz muita falta por aqui.*

*Ao meu supervisor de estágio no exterior, **Prof. Dr. Reed Ferber**, da University of Calgary, por ter me recebido com tanta atenção e generosidade em seu laboratório no ano de 2016. Estendo o meu agradecimento ao seu grupo, o qual me fez sentir como uma integrante da sua equipe. O aprendizado foi além da biomecânica da corrida, e levarei esta experiência vivida durante o meu intercâmbio para sempre.*

*Aos professores membros das bancas de qualificação e examinadora, pela prontidão e aceite em participar dos processos de avaliação e pelas valiosas contribuições para o aprimoramento desta dissertação. Em especial, à **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Beatriz de Oliveira**, que desde as primeiras aulas de Cinesiologia, mesmo sem notar, me inspirou em seguir a carreira acadêmica e acompanhou minha evolução desde o Trabalho de Conclusão de Curso, Mestrado e hoje, nesta Tese.*

*Aos **meus professores da graduação e pós-graduação**, responsáveis diretos por minha formação.*

À minha segunda mãe acadêmica, **Giovanna Lessi**, muito obrigada pela amizade verdadeira e por compartilhar comigo esse seu jeito único de ser. Não tenho meios para agradecer por tudo que você fez por mim desde que passamos a trabalhar juntas. Dicas, conselhos, ajuda em coletas, processamento de dados, correções, questões burocráticas, companhia nos almoços e quanta risada!! Sempre estarei torcendo muito para seu sucesso. É muito bom ter você por perto novamente.

Ao meu amigo, **Rodrigo Scattone**, que para mim sempre será um exemplo a ser seguido como pessoa, pelo seu caráter e sabedoria em enxergar a vida; e também um exemplo como professor/pesquisador, não apenas pela sua memória infalível, mas pela sua busca constante em se aprimorar e buscar novos conhecimentos. Me sinto honrada em ter trabalhado com você! Seus alunos têm muita sorte!! Você faz falta!

Aos meus amigos e companheiros do Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (**LAIOT**) e demais colegas da Pós-Graduação, **Adalberto, Natália, Cristiano, Dechristian, Helen, Marina Cid, Carol Alcântara e Gabriela** pelo convívio diário, troca de conhecimento, aflições e experiências nesses anos de Doutorado. Desejo muito sucesso a todos! Em especial...

**Mariana**, pela capacidade de se manter calma frente a minha ansiedade habitual e transmitir sempre pensamentos positivos, obrigada pela companhia nos congressos pelo mundo afora! Te desejo muita sorte na sua próxima etapa que se inicia!

**Guilherme**, foi uma honra poder compartilhar conhecimento e experiências durante nossos anos de doutorado. Torço muito pelo seu sucesso!

**Bruna**, sinto um carinho enorme por você. Obrigada por toda ajuda na coleta de dados, sem você nunca conseguiria finalizar este projeto. Obrigada pela companhia diária, pelos cafés, pela descontração e principalmente pelas corridas no final do dia para esfriar a cabeça. Que nossa parceria se fortaleça cada vez mais.

Agradeço a colaboração do aluno de Iniciação Científica, **Heitor**, durante o recrutamento dos voluntários e coletas de dados. Acredito que você terá um futuro brilhante pela frente.

Agradeço à **Profª. Paula Serrão**, a locomotiva do LAIOT. Obrigada pela disposição em sempre me ajudar, pelo carinho e conselhos diários.

À minhas amigas-irmãs que sempre estiveram ao meu lado, independente da circunstância. Vocês são meu alicerce. Obrigada **Letícia Sexta**, pelo companheirismo independente da distância; **Ivanize**, por tanta lealdade; **Lígia Miura**, pela sua doçura e **Mônica** pela sua generosidade.

Às todas minhas amigas e companheiras do time de handebol da Federal, saibam que vocês estão nas minhas melhores memórias. Muita energia boa em momentos tão desgastantes! Em especial, meu muito obrigada àquelas que estiveram comigo nestes últimos anos, **Luisa, Flávia, Letícia, Karol, Manu, Cinthia, Marina, Cuíca e Josilene**.

À minha turma **Fisioterapia 08**, a qual sempre torceu para meu sucesso e dividiu comigo os melhores anos da minha vida! Em especial, **Leticia Calixtre, Anna Cláudia e Maíra** as quais ainda tenho a sorte em ter por perto.

Muito obrigada aos amigos que me acolheram no frio Canadense, **Aline, Fernando, Luiza, Josefina, Rogério, Renata, Marcelo, Tati, Vini, Bruno, Matheus**. À minha host family, **Raphaella, Miranda e Brian**. Agradeço aos meus amigos estrangeiros do inesquecível Visiting Student Office pela diversão diária. Em especial, aos meus amigos **Ricky, Rafael, Alexandre e Jaqueline** por toda ajuda e companhia, levo o carinho de vocês para a vida! Espero encontrar todos vocês novamente!

Agradeço por fim, à minha família...

Aos meus queridos irmãos, que constantemente me apoiam, incentivam e sempre estão do meu lado. Obrigada **João**, pela contínua honestidade e por me mostrar a importância de sempre sonhar alto. Obrigada **Júnior**, por nos mostrar que a vida pode ser mais leve e divertida sempre. **Thaís**, obrigada por me ensinar a cada dia algo novo. Tenho vocês como companheiros de vida, sorte a minha!

Por fim, os responsáveis por tudo isso acontecer, meu pai, **Cláudio** e minha mãe, **Tiana**. Raros são aqueles que realmente criam seus filhos para o mundo, e eu e meus irmãos tivemos a sorte de tê-los assim. **Pai**, obrigada por cuidar tão bem de todos nós sem medir qualquer esforço, por acreditar nas minhas escolhas e nos meus sonhos. **Mãe**, você é meu porto seguro, obrigada pela positividade, intensidade, amor e energia. A concretização deste momento é uma consequência de todo o incentivo aos estudos, dedicação e oportunidade que vocês me ofereceram. Espero poder um dia retribuir tudo o que vocês me proporcionaram. Amo vocês! Muito obrigada!

*“ Educação não transforma o mundo.*

*Educação muda pessoas.*

*Pessoas transformam o mundo. ”*

*- Paulo Freire*

## RESUMO

---

Cerca de 70% dos corredores recreacionais apresentam alguma lesão musculoesquelética a cada ano, sendo a dor patelofemoral (DPF) uma das lesões mais comuns nesses atletas. Tem sido relatado que modificações na técnica de corrida promovem efeitos benéficos na biomecânica do membro inferior e, conseqüentemente, reduzem a sobrecarga sobre a articulação patelofemoral. Porém, há escassez de informação a respeito dos efeitos biomecânicos e clínicos após um protocolo de treinamento aplicado em corredores com DPF, além da ausência de estudos que tenham comparado diferentes técnicas de corrida aplicadas em uma mesma amostra, a fim de identificar a mais eficaz. Dessa forma, os objetivos da tese foram: avaliar os efeitos imediatos e a longo prazo do treinamento das técnicas de corrida sobre variáveis cinemáticas, eletromiográficas, dor e função em corredores com DPF; e verificar a eficácia das técnicas na redução do estresse patelofemoral em corredores saudáveis. As técnicas de corrida investigadas neste estudo foram: corrida com aterrissagem com o antepé, corrida com aumento de 10% da frequência da passada e corrida com aumento da flexão do tronco. Foram feitas análises cinemáticas, cinéticas e eletromiográficas da corrida. Para avaliação da dor e função, foram utilizadas a escala visual analógica e questionários traduzidos e validados para a língua portuguesa. Os resultados indicaram que as três técnicas de corrida reduzem a intensidade da dor e melhoram a função em corredores com DPF após 2 semanas de treinamento supervisionado e os ganhos clínicos são mantidos após 6 meses de intervenção. E a corrida com aterrissagem com antepé foi a técnica mais eficaz na redução do estresse patelofemoral em corredores saudáveis.

**Palavras-chave:** cinemática; cinética; eletromiografia; estresse patelofemoral; corrida recreacional; dor anterior no joelho.

## **ABSTRACT**

---

Every year, up to 70% of recreational runners reported some musculoskeletal injury. Patellofemoral pain (PFP) is one of the most common injuries in these athletes. It has been reported that gait retraining may have a beneficial effect on the lower limb biomechanics and consequently may reduce the patellofemoral joint overload. However, the information regarding biomechanical and clinical effects after a training protocol in PFP runners and, the comparison between different techniques in a same cohort in order to identify the most effective are sparse. Therefore, the objectives of this thesis were: to evaluate the immediate and long-term effects of gait retraining of kinematic, electromyography, pain and function in PFP runners and; to verify the effectiveness of three running techniques on the patellofemoral joint stress in healthy runners. The three running techniques were: forefoot landing, step rate increase by 10% and forward trunk lean. Kinematic, kinetic and electromyography analysis were done. To assess pain and function, the visual analog scale and two self-reported questionnaires were used. The results showed that the three running techniques reduce pain intensity and improve function in PFP runners after 2 weeks of a supervised gait retraining and, these improvements are maintained 6 months after the intervention. The gait retraining increased the muscle pre-activation before the initial contact. Forefoot landing technique was the most effective condition for reducing patellofemoral joint loading.

**Key-words:** kinematics; kinetics; electromyography; patellofemoral joint stress; recreational running; knee pain.

## LISTA DE TABELAS

---

	<b>Página</b>
<b>ESTUDO I</b>	
<b>Tabela 1:</b> Características demográficas dos participantes durante a avaliação inicial.	27
<b>Tabela 2:</b> Efeitos do treinamento nas técnicas de corrida na cinemática do membro inferior e tronco.	32
<b>Tabela 3:</b> Efeitos do treinamento nas técnicas de corrida na ativação muscular do membro inferior.	34
<b>ESTUDO II</b>	
<b>Tabela 1:</b> Caracterização da amostra.	47
<b>Tabela 2:</b> Média (desvio-padrão) das variáveis cinemáticas e espaço-temporais para cada condição de corrida.	54
<b>Tabela 3:</b> Média (desvio-padrão) do estresse patelofemoral e variáveis biomecânicas para condição de corrida.	57

## LISTA DE FIGURAS

---

ESTUDO I	Página
<b>Figura 1:</b> Fluxograma de acordo com as orientações do CONSORT.	18
<b>Figura 2:</b> Ensaio estático. a, Vista anterior; b, Vista lateral; c, Vista posterior.	21
<b>Figura 3:</b> Confirmação do padrão de aterrissagem utilizando o <i>Pedar</i> . a, padrão de aterrissagem iniciado com o retropé; b, padrão de aterrissagem iniciado com o antepé.	22
<b>Figura 4:</b> Visualização da confirmação do padrão de aterrissagem em tempo real. a, Padrão de aterrissagem iniciado no retropé; b, Padrão de aterrissagem iniciado no antepé.	22
<b>Figura 5:</b> Imagem obtida pela câmera qualitativa (120 Hz) direcionada ao pé. a, padrão de aterrissagem iniciado com o retropé; b, padrão de aterrissagem iniciado com o antepé.	23
<b>Figura 6:</b> Protocolo de treinamento, tempo de corrida e de <i>feedback</i> para cada sessão.	24
<b>Figura 7:</b> Média (desvio-padrão) da pontuação EDAJ na avaliação inicial, pós-intervenção e 6 meses pós-intervenção.	29
<b>Figura 8:</b> Média da intensidade da dor medida pela EVA na avaliação inicial, pós-intervenção e 6 meses pós-intervenção.	29
<b>Figura 9:</b> Média (desvio-padrão) da pontuação LEFS na avaliação inicial, pós-intervenção e 6 meses pós-intervenção.	30
<b>ESTUDO II</b>	
<b>Figura 1:</b> Estresse patelofemoral durante a fase de apoio para as quatro condições de corrida.	56
<b>Figura 2:</b> Força de reação vertical do solo durante a fase de apoio para as quatro condições de corrida.	58

## SUMÁRIO

---

<b>CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>TEMA DE INTERESSE .....</b>	<b>9</b>
<b>HISTÓRICO DE COMPOSIÇÃO DA TESE.....</b>	<b>10</b>
<b>ESTUDO I.....</b>	<b>11</b>
RESUMO .....	12
INTRODUÇÃO .....	14
MÉTODOS .....	17
<i>Participantes</i> .....	17
<i>Procedimentos</i> .....	20
<i>Treinamento da corrida</i> .....	24
<i>Processamento dos dados</i> .....	25
<i>Análise dos dados</i> .....	26
RESULTADOS .....	28
DISCUSSÃO.....	36
CONCLUSÃO.....	42
<b>ESTUDO II .....</b>	<b>43</b>
RESUMO .....	44
INTRODUÇÃO .....	45
MÉTODOS .....	48
<i>Participantes</i> .....	48
<i>Procedimentos</i> .....	49
<i>Análise dos dados</i> .....	50
<i>Análise estatística</i> .....	53
RESULTADOS .....	55
DISCUSSÃO.....	61
CONCLUSÃO.....	66
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE I .....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE II .....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE III .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO II .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO III.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO IV .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO V .....</b>	<b>96</b>

## CONTEXTUALIZAÇÃO

---

Nas últimas décadas, o número de praticantes de atividade física cresceu significativamente, decorrente principalmente do entusiasmo na busca de uma vida saudável e da melhora da qualidade de vida (Noehren *et al.*, 2012; Taunton *et al.*, 2002; van Gent *et al.*, 2007). No período de 2009 a 2014, o número de participantes de maratonas cresceu cerca de 40% no Brasil, estimativa maior que a média de crescimento mundial de 13,25% (Run Repeat, 2014). Em 10 anos, a Federação Paulista de Atletismo reportou um aumento de 345% no número de participantes de corrida de rua no estado de São Paulo (FPA, 2015). Entretanto, este esporte apresenta potencial risco para lesões que acompanha o ritmo acelerado do crescimento da atividade em nível competitivo e recreacional (Macera *et al.*, 1989). Estima-se que aproximadamente 56% dos corredores recreacionais e mais de 90% dos maratonistas sejam alvo de alguma lesão a cada ano (van Gent *et al.*, 2007).

As lesões decorrentes da corrida ocorrem usualmente pela combinação de fatores intrínsecos (mau-alinhamento de membros, alteração da força e/ou ativação muscular, flexibilidade muscular diminuída, histórico de lesões prévias, fatores antropométricos, experiência na atividade e idade do praticante) e extrínsecos (treinamento inadequado, superfície de treino irregular, desgaste dos calçados e volume de treino semanal) (Taunton *et al.*, 2002; van Gent *et al.*, 2007). Devido ao crescimento do número de corredores, houve um aumento no interesse em investigar os fatores associados às lesões durante essa prática (Bennett, Reinking & Rauh, 2012). Atualmente, sabe-se que cerca de 40% das lesões em corredores estão localizadas no joelho, sendo que 50-60% destas correspondem à Dor Patelofemoral (DPF) (Taunton *et al.*, 2002).

O termo DPF é utilizado para descrever uma condição clínica caracterizada pela dor retro e/ou peripatelar do joelho, de início insidioso, exacerbada durante atividades que envolvem o suporte de peso corporal com joelhos fletidos, como: caminhada, corrida, saltos, subida e descida de escadas, além da permanência prolongada na posição sentada e/ou ajoelhada (Davis & Powers, 2010; Ireland *et al.*, 2003). Sua etiologia na ausência de trauma é considerada multifatorial (Powers, 2003), tendo sido relatado um grande número de fatores predisponentes à lesão como: aumento do valgo do joelho durante atividades com suporte de peso (Boling, Padua & Creighton, 2009; Dierks *et al.*, 2008; Willson & Davis, 2009), aumento do momento interno extensor do joelho (Powers, 2010; Teng *et al.*, 2015), adução excessiva do quadril (Dierks *et al.*, 2008; Noehren, Hamill & Davis, 2013), maior rotação medial do quadril (Souza & Powers, 2009a), aumento da eversão do calcâneo (Barton *et al.*, 2012), déficit de ativação ou fraqueza da musculatura extensora do joelho e da musculatura rotadora lateral e abduzora do quadril (Baldon *et al.*, 2012; Nakagawa *et al.*, 2012a) e aumento do estresse patelofemoral (Petersen *et al.*, 2014).

O aumento do valgo dinâmico do joelho (abdução e rotação lateral do joelho associada à adução e rotação medial do quadril em tarefas funcionais) (Zazulak *et al.*, 2005), pode estar diretamente relacionado ao aumento da ação das forças lateralizantes que agem sobre a patela provocando maior estresse na cartilagem patelar lateral (Huberti & Hayes, 1984; Powers, 2003; Souza *et al.*, 2010). Embora muitas evidências sugiram que a mecânica alterada do quadril possa contribuir para o desenvolvimento da DPF, resultados divergentes são encontrados na literatura. Em relação à corrida, Willson & Davis (2008) identificaram aumento da adução e diminuição da rotação medial do quadril, enquanto Souza & Powers (2009a) encontraram aumento da rotação medial do quadril em mulheres com DPF quando

comparadas às sadias. Já Dierks *et al.* (2008), ao compararem corredores de ambos os sexos, confirmaram apenas o aumento da adução do quadril naqueles que apresentavam DPF.

Considerando a importância da musculatura abduutora e rotadora lateral do quadril, constituída essencialmente pelos músculos glúteo médio e glúteo máximo, no alinhamento do membro inferior nos planos frontal e transversal em atividades com suporte de peso (Nakagawa *et al.*, 2012b; Powers, 2010), foi hipotetizado que a diminuição da força dessa musculatura contribuiria para a cinemática alterada do quadril e joelho nos sujeitos com DPF. De fato, estudos anteriores relataram diminuição da força desses grupos musculares em sujeitos com DPF quando comparado a indivíduos sadios (Baldon *et al.*, 2012; Ireland *et al.*, 2003; Nakagawa *et al.*, 2012a; Robinson & Nee, 2007; Souza *et al.*, 2010). Entretanto, foi relatada associação de fraca a moderada entre as variáveis de força e cinemática do quadril (Dierks *et al.*, 2008; Souza & Powers, 2009b), sugerindo que outros fatores contribuem para a cinemática alterada do quadril e joelho nos sujeitos com DPF (Willson *et al.*, 2011). Recentemente, Rathleff *et al.* (2014) reportaram por meio de uma revisão sistemática com meta-análise realizada com estudos prospectivos, ausência de associação entre força isométrica do quadril e o risco de desenvolvimento de DPF.

Nesse contexto, o padrão de ativação neuromuscular tem sido investigado em sujeitos com DPF, sendo demonstrado atraso ou déficit de ativação dos músculos vasto medial oblíquo (Cowan & Crossley, 2009) e glúteo médio (Boling *et al.*, 2006; Brindle, Mattacola & McCrory, 2003; Nakagawa *et al.*, 2012a; 2012b) durante atividades funcionais como agachamento unipodal e descida anterior de degrau. Especificamente durante a corrida, Willson *et al.* (2011) demonstraram associação entre o atraso do início da ativação dos músculos glúteo médio e glúteo máximo e a maior excursão em adução e rotação medial do

quadril em mulheres corredoras com DPF. Entretanto, não foi observada alteração na amplitude da ativação dos músculos estudados. Por outro lado, Souza & Powers (2009a) demonstraram aumento na ativação do músculo glúteo máximo, mas não do glúteo médio durante a corrida em mulheres com DPF, quando comparadas as mulheres saudáveis. Apesar de Souza & Powers (2009a) não terem encontrado diferenças na magnitude de ativação do músculo glúteo médio entre mulheres com DPF e saudáveis, um estudo prospectivo realizado com 400 corredoras identificou aumento significativo da adução do quadril naquelas que desenvolveram DPF após um acompanhamento de 2 anos (Noehren, Hamill & Davis, 2013). Além disso, Barton *et al.* (2013), em um estudo de revisão sistemática, concluíram que há um atraso e um menor tempo de ativação do músculo glúteo médio em indivíduos com DPF durante a corrida, o que pode indicar capacidade prejudicada de controlar o movimento do quadril no plano frontal. Considerando os resultados conflitantes, ainda se faz necessária a investigação do comportamento neuromuscular dos músculos do quadril e joelho durante a corrida em sujeitos com DPF.

Além destes fatores associados aos planos frontal e transversal de movimento, sabe-se que em atividades com suporte de peso, há um aumento linear do estresse patelofemoral de 0 a 90° de flexão do joelho (Powers *et al.*, 2014). Dessa forma, o maior pico de flexão do joelho durante a fase de apoio, aumenta o momento extensor do joelho e a demanda sobre o músculo quadríceps (Powers, 2010), o que pode estar diretamente relacionado ao aumento do estresse patelofemoral (Lenhart *et al.*, 2014). O aumento do estresse patelofemoral tem sido associado à etiologia e exacerbação dos sintomas de DPF em decorrência do aumento da pressão no osso subcondral (Fulkerson & Shea, 1990).

Nos últimos anos, no intuito de melhorar os programas de prevenção e tratamento da DPF, tem sido hipotetizado que determinadas modificações na técnica da corrida são capazes de promover efeitos benéficos na biomecânica do membro inferior (Agresta & Brown, 2015; Barton *et al.*, 2016; Napier *et al.*, 2015; Witvrouw *et al.*, 2014), incluindo a redução da sobrecarga na articulação patelofemoral.

Durante o ciclo da corrida, no momento do contato do pé com o solo, uma força de reação do solo equivalente a 2-3 vezes o peso corporal é rapidamente gerada, induzindo uma onda de choque que se propaga por todo sistema locomotor (Cavanagh & LaFortune, 1980). Apesar de mais de 93% dos corredores de longa distância realizarem a aterrissagem iniciando o contato com o retopé (Larson *et al.*, 2011), este padrão de aterrissagem tem sido associado ao maior risco de lesões no membro inferior, como fratura tibial por estresse (Giandolini *et al.*, 2013) e DPF (Cheung & Davis, 2011). A popularidade da técnica de corrida com aterrissagem com o antepé (CAA) vem sendo difundida por todo o mundo (Daoud *et al.*, 2012) principalmente após alguns estudos terem verificado efeitos biomecânicos benéficos aos membros inferiores (Giandolini *et al.*, 2013; Lieberman *et al.*, 2010; Shih, Lin & Shiang, 2013), além de redução do estresse sobre a articulação patelofemoral em corredores saudáveis (Kulmala *et al.*, 2013; Vannatta & Kernozek, 2015; Willson *et al.*, 2015) e com DPF (Roper *et al.*, 2016). Este padrão de aterrissagem durante a corrida ainda é associado à atenuação da força de impacto vertical (Cheung & Davis, 2011; Giandolini *et al.*, 2013; Lieberman *et al.*, 2010), menor pico de flexão do joelho (Bonacci *et al.*, 2014; Kulmala *et al.*, 2013), menor pico de adução do quadril durante a fase de apoio (Kulmala *et al.*, 2013) e maior ativação da musculatura flexora plantar antes do contato inicial (Giandolini *et al.*, 2013) e durante a fase de apoio da corrida (Shih, Lin & Shiang, 2013). De fato, dois estudos observaram melhora

da dor e função, em corredores com DPF após um programa de treinamento de CAA (Cheung & Davis, 2011; Roper *et al.*, 2016).

Outra técnica que passou a ser investigada recentemente foi o aumento na frequência de passada (número de passos por minuto), determinado pela diminuição no comprimento dos passos e manutenção da velocidade (Chumanov *et al.*, 2012; Heiderscheit *et al.*, 2011; Hobara *et al.*, 2012; Lenhart *et al.*, 2014; Willson *et al.*, 2014). O interesse por esta técnica de corrida surgiu subsequente a estudos que identificaram menor absorção de energia pelas articulações do membro inferior, principalmente no joelho, devido à redução da velocidade do centro de massa do corpo durante a aterrissagem (Derrick, Hamill & Caldwell, 1998; Hamill, Derrick & Holt, 1995). Foi verificado que o aumento na frequência da passada em 10% (CFP10%) promoveu redução de aproximadamente 34% da absorção de energia na articulação do joelho, bem como diminuiu o pico de adução do quadril, o pico de flexão do joelho e o momento interno extensor do joelho durante a fase de apoio em corredores saudáveis (Heiderscheit *et al.*, 2011). Além disso, Chumanov *et al.* (2012), em um estudo transversal, verificaram que corredores saudáveis apresentam maior ativação da musculatura glútea precedente ao contato do pé com o solo, o que favorece o melhor alinhamento dinâmico do membro inferior durante esta técnica de corrida. Ademais, estudos recentes verificaram que a CFP10% reduziu em 14% a força exercida na articulação patelofemoral em corredores saudáveis (Lenhart *et al.*, 2014) e ocasionou aproximadamente 22% de redução do estresse patelofemoral em corredores com DPF (Willson *et al.*, 2014). De acordo com o conhecimento dos autores, apenas um estudo verificou os efeitos da CFP10% após um treinamento a longo prazo. Hafer *et al.* (2015) verificaram que a aplicação da técnica reduz a adução e o momento

adutor do quadril após 6 semanas de treinamento, entretanto, apenas corredores saudáveis foram incluídos no estudo.

Apesar de estudos anteriores focarem na avaliação da cinemática e ativação muscular do quadril no plano frontal e transversal nos indivíduos com DPF, sabe-se que o movimento do tronco no plano sagital também pode afetar a sobrecarga na articulação patelofemoral (Hewett & Myer, 2011; Powers, 2010; Witvrouw *et al.*, 2014). Uma vez que o tronco é responsável por mais da metade do peso corporal, o aumento da sua flexão desloca o centro de massa corporal anteriormente, resultando na diminuição no momento extensor do joelho e, conseqüentemente, redução do estresse patelofemoral (Powers, 2010). O aumento da extensão do tronco durante atividades funcionais aumenta a extensão do quadril e pode atuar como um mecanismo compensatório à fraqueza e/ou alteração na ativação dos músculos extensores do quadril. De fato, estudos prévios relataram fraqueza e alteração na ativação dos extensores do quadril em indivíduos com DPF (Souza & Powers, 2009a; 2009b). Assim, foi proposto que a técnica de corrida com aumento da flexão do tronco (CFT) poderia ser benéfica em corredores com DPF. Corroborando com essa hipótese, o estudo de Teng & Powers (2014), realizado em corredores saudáveis, verificou que o aumento da flexão do tronco em 6,8° durante a corrida reduziu em 9% o estresse patelofemoral. Os efeitos da CFT ainda não foram observados em corredores com DPF ou após um treinamento supervisionado.

Como descrito acima, tais modificações na técnica de corrida podem alterar a biomecânica do membro inferior em corredores e auxiliar na redução da sobrecarga patelofemoral. Entretanto, nota-se que a grande maioria dos estudos verificou os efeitos imediatos das técnicas de corrida em populações de corredores saudáveis. Nota-se a ausência de estudos que tenham avaliado os efeitos a longo prazo de um treinamento supervisionado nas

técnicas de corrida nas variáveis cinemáticas, eletromiográficas e clínicas em corredores com DPF. Além disso, há uma carência de estudos que tenham realizado comparações biomecânicas entre as diferentes modificações na técnica de corrida, a fim de identificar a eficácia de cada condição para auxiliar na possível escolha da melhor técnica de corrida para prevenção ou reabilitação da DPF.

## **TEMA DE INTERESSE**

---

Diante do exposto, os temas de interesse desta Tese foram: verificar os efeitos imediatos e a longo prazo do treinamento supervisionado em três técnicas de corrida (CAA, CFP10% e CFT) em variáveis cinemáticas, eletromiográficas e clínicas em corredores com DPF; além de comparar os efeitos imediatos da execução das técnicas de corrida em variáveis cinemáticas e cinéticas (incluindo o estresse patelofemoral) entre as três condições de corrida e a corrida habitual em corredores saudáveis.

## HISTÓRICO DE COMPOSIÇÃO DA TESE

---

A presente Tese de Doutorado é composta por dois artigos originais. O estudo I foi desenvolvido no Núcleo Multidisciplinar de Análise do Movimento (NAM), pertencente ao Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Teve como objetivo avaliar os efeitos biomecânicos e clínicos do treinamento em três técnicas de corrida recentemente descritas na literatura e aplicadas em corredores recreacionais com histórico de DPF. Este foi o primeiro ensaio clínico randomizado que abordou a comparação dos efeitos da CAA, CFP10% e CFT em corredores com DPF em um mesmo protocolo de avaliação e apresentou um acompanhamento dos sintomas de dor e da função destes corredores após 6 meses de treinamento. Este estudo demonstrou resultados clínicos favoráveis à aplicação das três técnicas de corrida nessa população de atletas, entretanto, as alterações biomecânicas observadas após o treinamento esclareceram parcialmente a melhora clínica dos participantes.

Os resultados obtidos no estudo I, conduziram ao estudo de outros fatores que também poderiam estar relacionados ao treinamento nas técnicas de corrida. Dessa forma, realizou-se o estudo II no Human Performance Laboratory na University of Calgary, durante um período de estágio de pesquisa no exterior. O objetivo primário do estudo foi comparar os efeitos das técnicas de corrida no estresse patelofemoral. As técnicas foram comparadas em relação à corrida habitual para verificação dos efeitos já descritos na literatura, além da comparação entre técnicas, a fim de se verificar a eficácia da redução da sobrecarga na articulação patelofemoral. Este estudo verificou que as três técnicas de corrida reduzem significativamente o estresse patelofemoral acumulado por quilometro, sendo a CAA a mais eficaz.

***EFEITOS DO TREINAMENTO EM TRÊS TÉCNICAS DE  
CORRIDA EM CORREDORES COM  
DOR PATELOFEMORAL***

**Ana F. dos Santos, Theresa H. Nakagawa, Giovanna C. Lessi, Bruna C. Luz,  
Heitor T.M. Matsuo, Giovana Y. Nakashima, Carlos D. Maciel,  
Fábio V. Serrão**

Effects of Three Gait Retraining Techniques in Patellofemoral Pain Runners.  
Artigo submetido para publicação no periódico Journal of Orthopaedic  
& Sports Physical Therapy.

## RESUMO

---

**Desenho do estudo:** Ensaio clínico randomizado.

**Introdução:** As técnicas de corrida com aterrissagem com o antepé (CAA), aumento na frequência da passada (CFP10%) e aumento da flexão do tronco (CFT) reduzem a sobrecarga na articulação patelofemoral. Embora os efeitos imediatos tenham sido reportados recentemente, há evidências limitadas em relação à eficácia destas técnicas de corrida após um programa de treinamento em corredores com dor patelofemoral. Os objetivos do estudo foram: quantificar os efeitos do treinamento das três técnicas de corrida em variáveis clínicas (dor no joelho e função), cinemática e ativação muscular do membro inferior de corredores com DPF.

**Métodos:** Dezoito corredores recreacionais foram distribuídos de forma aleatória em 3 grupos (CAA, CFP10% e CFT). Os participantes foram submetidos à um programa de treinamento na respectiva técnica de corrida durante 2 semanas. As alterações na cinemática dos membros inferiores, ativação muscular, intensidade da dor e limitação da função, avaliadas a partir dos questionários EDAJ (Escala para Dor Anterior do Joelho) e *Lower Extremity Functional Scale (LEFS)* medidas na avaliação inicial (linha de base), pós-treinamento e 6 meses pós-treinamento. Maiores pontuações nos questionários indicam menor incapacidade.

**Resultados:** As técnicas CAA e CFT resultaram em maiores pontuações na EDAJ pós-treinamento ( $P=0,001$ ;  $P=0,008$ ) e 6 meses pós-treinamento ( $P<0,001$ ;  $P<0,001$ ). A CFP10% aumentou a pontuação na EDAJ entre as avaliações inicial e 6 meses pós-treinamento ( $P=0,006$ ). Independente do grupo, os níveis de dor e as pontuações na *LEFS* melhoram pós-treinamento. A CFP10% apresentou tendência para redução do pico de abdução do joelho ( $P=0,054$ ). O treinamento na CAA resultou em maior pré-ativação do gastrocnêmio medial ( $P=0,037$ ) e do reto femoral ( $P=0,006$ ). No geral, o treinamento reduziu a ativação muscular durante a fase de apoio e aumentou a ativação durante a fase de balanço tardio, independente do grupo.

**Conclusão:** As três técnicas de corrida apresentaram efeitos clínicos benéficos, como demonstrado pela redução da dor e melhora da função. O treinamento na CAA aumentou a

pré-ativação muscular, o que pode auxiliar na acomodação da carga aplicada ao membro inferior durante a corrida.

**Palavras-chave:** aterrissagem com o antepé; frequência da passada; flexão do tronco; joelho.

## INTRODUÇÃO

---

Correr é umas das atividades físicas mais populares do mundo. Entre os anos de 1990 e 2013, foi observado um aumento de 300% no número de concluintes de eventos de corrida de rua nos Estados Unidos (State of the Sport, 2016). Associado às evidências as quais relatam melhorias na aptidão aeróbica e função cardiovascular em decorrência da prática regular de corrida (Oja *et al.*, 2015), estima-se que 70% dos corredores sofrem lesões musculoesqueléticas todos os anos (Ferber, Hreljac & Kendall, 2009). Cinquenta por cento de todas as lesões envolvem a articulação do joelho e, a dor patelofemoral (DPF) é a mais comum (Taunton *et al.*, 2002). Estudos prévios têm sugerido que o desenvolvimento da osteoartrite patelofemoral pode estar diretamente relacionado a uma história de DPF crônica (Utting, Davies & Newman, 2005), demonstrando a importância em se prevenir a degeneração articular.

A etiologia da DPF é descrita como multifatorial (Powers, 2003), decorrente da associação de anormalidades estruturais com déficits biomecânicos (Witvrouw *et al.*, 2014). As alterações biomecânicas mais citadas na população com DPF são: excessivo valgo dinâmico do joelho (Powers, 2003; Souza *et al.*, 2010), aumento do momento extensor do joelho (Powers, 2010; Teng *et al.*, 2015), excessiva adução (Dierks *et al.*, 2008; Noehren, Hamill & Davis, 2013) e/ou rotação medial do quadril (Souza & Powers, 2009a), aumento da eversão do calcâneo (Barton *et al.*, 2012), déficit de ativação ou fraqueza dos músculos quadríceps, rotadores laterais e abdutores do quadril (Baldon *et al.*, 2012; Nakagawa *et al.*, 2012a) e, conseqüentemente, maior estresse patelofemoral (Petersen *et al.*, 2014; Teng *et al.*, 2015).

Recentemente tem sido demonstrado que algumas modificações na técnica de corrida têm a capacidade de melhorar a biomecânica anormal do membro inferior com simples instruções (Agresta & Brown, 2015; Barton *et al.*, 2016) e, dessa forma, reduzir a sobrecarga na articulação patelofemoral. A transição do padrão de aterrissagem com o retropé para um padrão de aterrissagem iniciado com o antepé (CAA) (Cheung & Davis, 2011; Giandolini *et al.*, 2013; Kulmala *et al.*, 2013; Lieberman *et al.*, 2010; Roper *et al.*, 2016; Shih, Lin & Shiang, 2013), o aumento da frequência da passada (CFP10%) (Hafer *et al.*, 2015; Heiderscheit *et al.*, 2011; Schubert, Kempf & Heiderscheit, 2014) e, a corrida com flexão do tronco (CFT) (dos Santos *et al.*, 2016; Teng & Powers, 2014), são algumas abordagens descritas na literatura que apresentam potencial de beneficiar corredores com DPF e que possivelmente podem ser incluídas em programas de prevenção e reabilitação desta lesão.

Apesar do aumento da popularidade dos treinamentos que envolvem a alteração do padrão de corrida, os efeitos dessas modificações devem ser melhor investigados (Agresta & Brown, 2015). A maioria dos estudos publicados na literatura científica tiveram enfoque nos efeitos imediatos dessas intervenções e grande parte dos estudos foi realizado considerando apenas corredores saudáveis (Napier *et al.*, 2015). Uma recente revisão sistemática associada com a opinião de especialistas, mostrou evidências limitadas que suportam a efetividade do treinamento da corrida no tratamento de DPF (Barton *et al.*, 2016), o que destaca a necessidade de novos estudos nesta população. De acordo com o conhecimento dos autores, apenas dois estudos se propuseram a identificar os efeitos da CAA após um treinamento de 2 semanas em corredores com DPF (Cheung & Davis, 2011; Roper *et al.*, 2016). Além disso, apenas um estudo analisou os efeitos da CFP10% após 6 semanas de treinamento, sendo que, apenas corredores saudáveis foram incluídos na pesquisa (Hafer *et al.*, 2015). A influência do

treinamento de corrida no padrão de ativação muscular ainda não foi estudada. Apenas resultados relativos aos efeitos agudos da modificação na técnica de corrida e os efeitos foram observados apenas em corredores saudáveis foram publicados (Chumanov *et al.*, 2012; Giandolini *et al.*, 2013; Shih, Lin & Shiang, 2013). Além disso, uma comparação entre os efeitos de cada técnica proposta em um único protocolo de avaliação ainda não foi investigada considerando as variáveis de dor, capacidade funcional, cinemática e variáveis eletromiográficas em corredores com DPF.

Os objetivos do presente estudo foram: quantificar os efeitos do treinamento nas técnicas de corrida CAA, CFP10% e CFT em variáveis clínicas (dor no joelho e função) após 2 semanas de intervenção e no *follow-up* de 6 meses, além de variáveis cinemáticas do tornozelo, joelho, quadril e tronco; e ativação muscular do membro inferior de corredores com DPF. Foi hipotetizado que o treinamento nas técnicas de corrida resultaria em redução da dor e melhora da função, as quais seriam acompanhadas por modificações na cinemática e na ativação muscular para as três técnicas estudadas.

## MÉTODOS

---

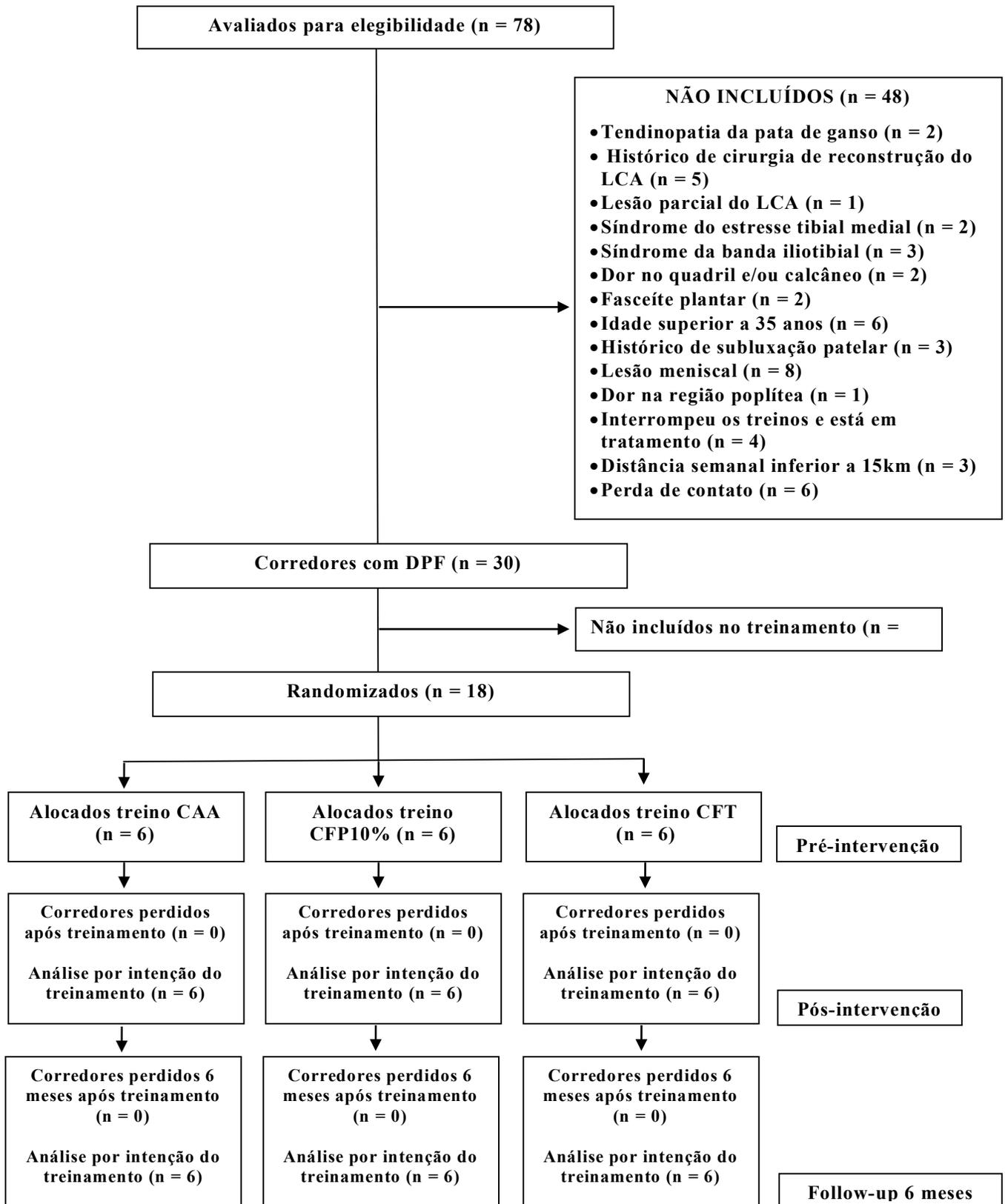
### *Participantes*

Para inclusão no estudo, os corredores deveriam apresentar padrão natural de aterrissagem iniciado com o retropé, correr mais que 15 km/semana há no mínimo 3 meses, ter idade entre 18-35 anos, reportar sintomas de DPF durante e/ou após a rotina de treinamentos de corrida há no mínimo 3 meses, sem apresentar qualquer relação com algum evento traumático. Além da dor no joelho relacionada à prática da corrida, os participantes também deveriam relatar dor anterior ou retropatelar durante a execução de no mínimo duas das seguintes atividades funcionais: agachamento, contração isométrica do quadríceps, subida/descida de escada, ajoelhar-se, saltar ou permanecer longos períodos na posição sentada (Baldon *et al.*, 2014; Nakagawa *et al.*, 2012a). Finalmente, os corredores deveriam graduar a pior dor da última semana de no mínimo 3 cm, na Escala Visual Analógica (EVA) de 10 cm (Baldon *et al.*, 2014), com “0” indicando ausência de dor e “10” indicando a pior dor imaginável. Essa escala de dor é confiável, válida e responsiva para avaliação de pacientes com DPF (Crossley *et al.*, 2004). Foram excluídos todos aqueles que apresentavam qualquer histórico de cirurgia nos membros inferiores ou condições neurológica, cardiovascular ou ortopédica, com exceção à DPF (Baldon *et al.*, 2014; Nakagawa *et al.*, 2012a). Um fisioterapeuta licenciado examinou todos os participantes em potencial para inclusão ou não no estudo (**Apêndice I**).

Um cálculo amostral prévio à realização do estudo foi conduzido baseado nos resultados observados por Roper *et al.* (2016), considerando a intensidade da dor ( $\alpha = 0,05$ ;  $\beta = 0,20$ ; tamanho do efeito = 0,294). O qual revelou que 15 participantes seriam necessários para atingir o poder adequado do estudo ( $power = 80\%$ ). A divulgação da

pesquisa ocorreu dentro do *campus* da Universidade, parques de corrida, clubes de esporte, eventos de corrida na região, academias e através das redes sociais. Setenta e oito corredores responderam às tentativas de recrutamento. A maioria dos interessados não foi considerada elegível para participação no estudo, principalmente em decorrência de lesões associadas (por exemplo: lesão meniscal, síndrome da banda iliotibial, fratura tibial por estresse, histórico de reconstrução do ligamento cruzado anterior), idade acima de 35 anos, distância percorrida semanalmente inferior à 15 km, tempo de dor inferior a 3 meses ou por não ter aceitado a participar das 8 sessões de intervenção. Dezoito corredores (9 homens, 9 mulheres) preencheram todos critérios para inclusão no estudo e aceitaram participar do treinamento na técnica de corrida (**Figura 1**).

Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (**Apêndice II**) o qual foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (735.596) (**Anexo I**). O estudo também foi aprovado pelo Registro Brasileiro de Ensaio Clínico (RBR-5q5nz4) (**Anexo II**).



**Figura 1:** Fluxograma de acordo com as orientações do CONSORT. Abreviação: DPF, Dor Patelofemoral; LCA, Ligamento Cruzado Anterior; CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com frequência da passada aumentada em 10%; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco.

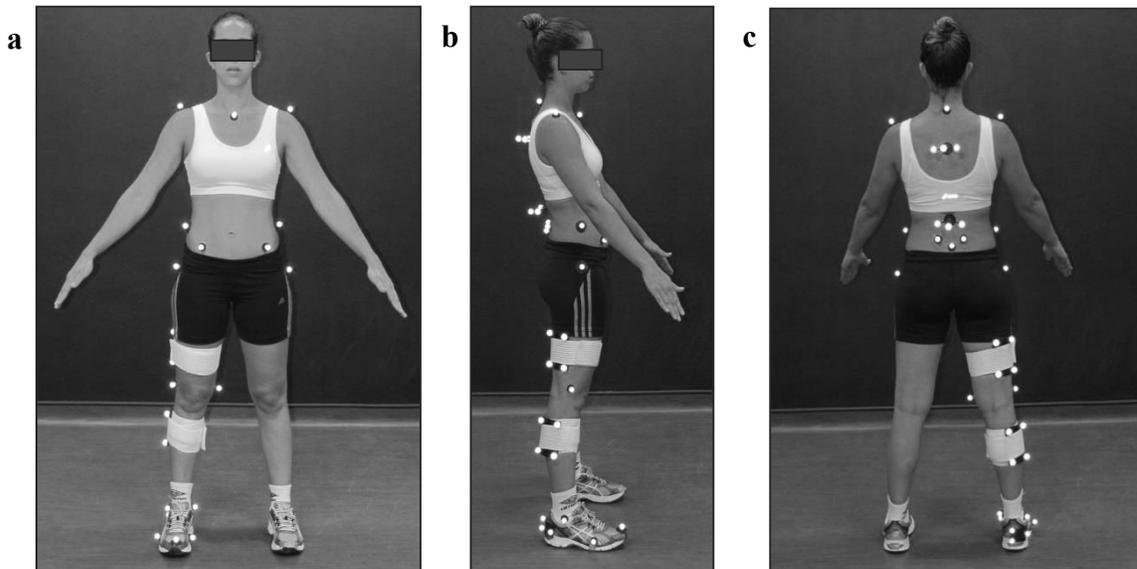
## ***Procedimentos***

Para avaliação da dor e função no dia da avaliação, 2 questionários traduzidos e validados para a língua portuguesa foram utilizados. A Escala para Dor Anterior do Joelho (EDAJ) (Cunha *et al.*, 2013; Kujala *et al.*, 1993) (**Anexo III**) que é composta por 13 questões de múltipla escolha foi usada para a medição da severidade dos sintomas relacionados à DPF e limitações funcionais do corredor. A pontuação desta escala varia de “0” (pior condição) a “100” (condição da articulação do joelho normal, ausência de sintomas e de qualquer restrição funcional). O *Lower Extremity Functional Scale (LEFS)* (Binkley *et al.*, 1999; Metsavaht *et al.*, 2012) (**Anexo IV**) é um questionário que gradua a habilidade do participante em executar tarefas da vida diária. A pontuação para cada uma das 20 tarefas é separada em 5 categorias: “0” (extremamente difícil ou incapaz de realizar a atividade), “1” (bastante dificuldade), “2” (dificuldade moderada), “3” (um pouco de dificuldade) e, “4” (sem dificuldade). A pontuação máxima é de 80 pontos. Os corredores também reportaram a intensidade da pior dor da última semana na EVA de 10 cm. As ferramentas EDAJ, *LEFS* e EVA foram aplicadas para medição da dor e função dos corredores na avaliação inicial (linha de base), pós-treinamento e 6 meses pós-treinamento.

Após as medições clínicas, todos os participantes incluídos no estudo foram convidados a comparecer no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (Laiot – UFSCar) para 2 avaliações biomecânicas, uma avaliação inicial e uma avaliação pós-treinamento, a qual deveria ser feita em um período máximo de 3 dias após a finalização do protocolo de intervenção. Nove corredores reportaram DPF bilateralmente. Nestes casos, o membro inferior com maior relato de dor na última semana foi escolhido para análise (8 esquerdo, 10 direito). Primeiramente, durante a avaliação inicial, foi realizada a coleta de dados cinemáticos utilizando 7 câmeras de análise do movimento

(*Qualisys Motion-Capture System, Qualisys Medical AB, Suécia*) e a coleta dos dados de EMG (*Trigno™ Wireless System, Delsys Inc., EUA*) durante a corrida habitual em esteira ergométrica sem qualquer tipo de instrução por parte do avaliador. A velocidade de corrida foi auto selecionada por cada participante, determinada como confortável e representativa de um treino de longa distância comum à rotina do participante.

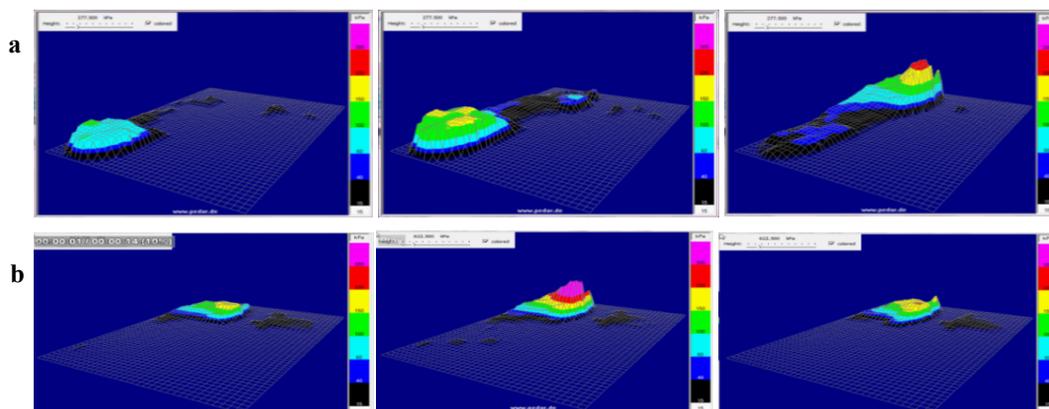
Os dados da análise de movimento tridimensional do tornozelo, joelho, quadril e tronco foram coletados a 240 Hz utilizando marcadores refletivos anatômicos e de rastreamento posicionados em cada participante conforme detalhado no estudo de dos Santos *et al.* (2016) (**Figura 2**). Os dados de EMG foram coletados simultaneamente à análise do movimento durante a corrida. Sete músculos foram analisados: gastrocnêmio medial, tibial anterior, vasto lateral, reto femoral, glúteo médio, bíceps femoral e glúteo máximo. Antes do posicionamento dos eletrodos, a pele foi tricotomizada e limpa com álcool. Os eletrodos de superfície sem fio utilizados durante a atividade foram aplicados na pele paralelamente ao ventre muscular dos músculos segundo as recomendações da SENIAM (Hermens *et al.*, 2000). Cada eletrodo foi amplificado por um sistema de 7 canais (*Delsys Inc., EUA*, alcance de 40 m, frequência de transmissão 2,4 GHz, rejeição de modo comum > 80 dB; largura de banda de 450 Hz, ganho total de 1000 vezes). Os sinais eletromiográficos (EMG) foram digitalizados utilizando uma placa de 16-bit A/D, sincronizada ao sistema de análise do movimento. O mesmo avaliador posicionou os marcadores cinemáticos e os eletrodos em todos os participantes em ambas as sessões.



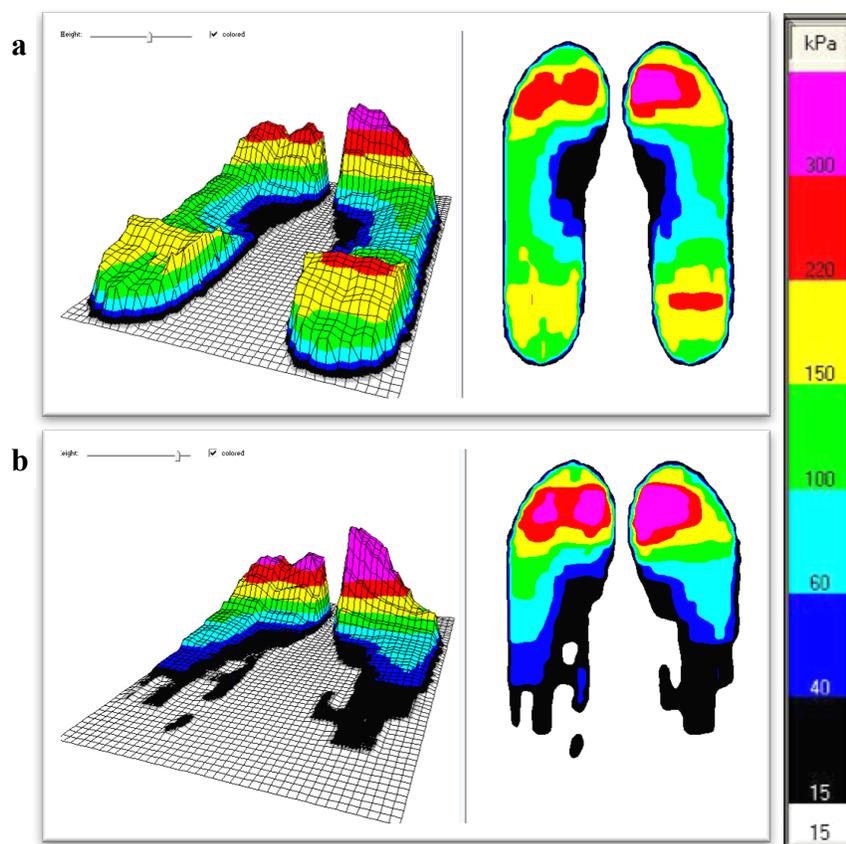
**Figura 2:** Ensaio estático. a, Vista anterior; b, Vista lateral; c, Vista posterior.

Na sessão após o treinamento, todos os procedimentos biomecânicos foram repetidos e os participantes foram instruídos a executar o padrão conforme a nova técnica aprendida. Para ambos os dias, a sessão se iniciou com aquecimento em esteira ergométrica (5 minutos caminhando a 4,5 km/h). Todos os participantes utilizaram o mesmo calçado (*Asics Gel-Equation*, ASICS, Kobe, Japão) no intuito de padronizar a condição. A frequência da passada foi determinada visualmente através da contagem do número de contatos consecutivos realizados pelo membro inferior direito durante um período de 30 seg seguido da multiplicação do valor obtido por 4 (dos Santos *et al.*, 2016; Heiderscheit *et al.*, 2011). O padrão de aterrissagem foi confirmado através da utilização de 2 métodos: análise em tempo real da distribuição da pressão plantar obtida por palmilhas com sensores de pressão (*Pedar System*, Novel, Munique, Alemanha) na frequência de aquisição de 100 Hz (**Figuras 3-4**) e utilização de uma câmera de alta frequência (120 Hz) posicionada paralelamente à esteira

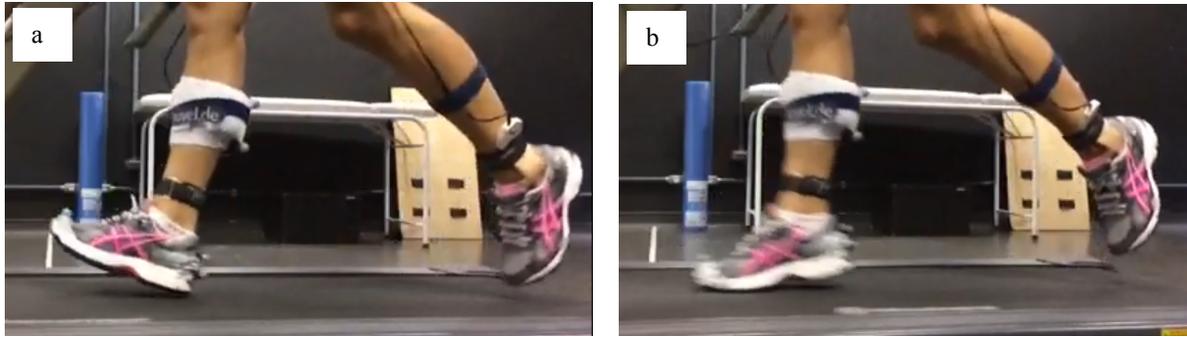
ergométrica no plano sagital (**Figura 5**). Os participantes foram instruídos a manter a corrida por um tempo mínimo de 2 min e ao final deste período, 30 seg de dados foram coletados para análise.



**Figura 3:** Confirmação do padrão de aterrissagem utilizando o Pedar. a, padrão de aterrissagem iniciado com o retropé; b, padrão de aterrissagem iniciado com o antepé.



**Figura 4:** Visualização da confirmação do padrão de aterrissagem em tempo real. a, Padrão de aterrissagem iniciado no retropé; b, Padrão de aterrissagem iniciado no antepé.



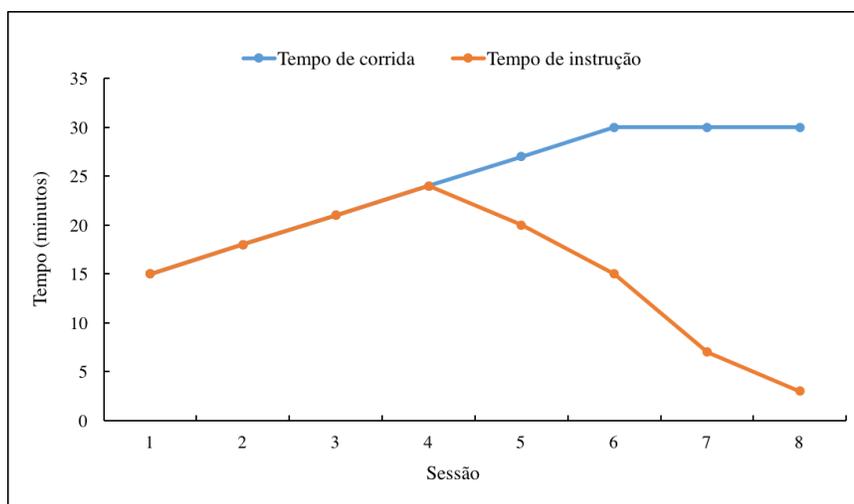
**Figura 5:** Imagem obtida pela câmera qualitativa (120 Hz) direcionada ao pé. a, padrão de aterrissagem iniciado com o retropé; b, padrão de aterrissagem iniciado com o antepé.

### *Treinamento da corrida*

Os participantes foram randomizados em 3 grupos: 1) grupo treinado na CAA (n=6), 2) grupo treinado na CFP10% (n=6) e 3) grupo treinado na CFT (n=6). A randomização em blocos foi realizada por um segundo avaliador cego às informações dos participantes (alocação escondida) através de um gerador de números aleatórios para os 3 grupos (n=6 em cada grupo). Envelopes opacos e selados foram mantidos em um gabinete seguro no laboratório e eram abertos uma vez que o participante aceitasse participar do estudo. Os participantes não eram cegos em relação ao grupo ao qual faziam parte. O examinador não era cego quanto a condição de corrida treinada durante a avaliação pós-intervenção.

Utilizou-se um protocolo descrito previamente na literatura consultada (Cheung & Davis, 2011; Crowell & Davis, 2011; Roper *et al.*, 2016; Willy, Scholz & Davis, 2012). Cada grupo foi treinado durante 2 semanas na respectiva técnica de corrida em esteira ergométrica. O programa de treinamento foi composto por 8 sessões (4 sessões/semana). O tempo de corrida aumentou progressivamente ao longo do treinamento de 15 para 30 min, e as instruções verbais para manutenção do novo padrão biomecânico de corrida reduziu de forma progressiva (**Figura 6**). A velocidade da corrida durante os treinos foi a mesma estabelecida

durante a avaliação inicial. Durante a intervenção, os corredores utilizaram os seus próprios calçados e foram orientados a não praticar a corrida fora das sessões supervisionadas pelo pesquisador. Para execução da CAA, os corredores foram instruídos a aterrissar com o antepé, iniciando o contato com o solo com as articulações metatarsofalângicas o contato do retropé era permitido e opcional após o contato inicial. A orientação dada aos participantes do grupo CFP10% para manter a alta frequência de passada foi auxiliada através do estímulo auditivo de um metrônomo digital. O grupo CFT foi instruído a correr com uma ligeira flexão do tronco, a qual era confirmada pela inspeção visual do avaliador.



**Figura 6:** Protocolo de treinamento, tempo de corrida e de *feedback* para cada sessão. O tempo de corrida aumentou progressivamente de 15 para 30 min. O tempo de *feedback* aumentou até a 4ª sessão e, depois reduziu até atingir apenas 3 min na última sessão.

### ***Processamento dos dados***

A média de 10 passos consecutivos foi utilizada para análise dos dados cinemáticos e EMG. Os softwares *Qualisys Track Manager* (Qualisys Medical, AB, Suécia) e *Visual 3D* (Version 3.9; C-Motion Inc., Rockville, EUA) foram utilizados para reconstrução e

quantificação da cinemática através do sistema de coordenadas articular. Os dados foram filtrados utilizando-se de um filtro *Butterworth*, passa-baixa, de quarta ordem, com atraso de fase zero e frequência de corte de 12 Hz. Os ângulos de *Cardan* foram calculados utilizando as definições do sistema de coordenadas articular recomendadas pela *International Society of Biomechanics* (Wu *et al.*, 2002) relativos à postura estática. Os eventos de contato inicial e retirada do pé da esteira foram identificados através de um algoritmo específico em ambiente Matlab (*MathWorks Inc.*, Natick, EUA). O contato inicial foi determinado pelo instante em que a velocidade anteroposterior do marcador distal do calcâneo alterava o valor de positivo para negativo (Zeni, Richards & Higginson, 2008). Para a determinação da retirada do pé da esteira, utilizou-se o valor do segundo pico de extensão do joelho (Fellin *et al.*, 2010). Todas variáveis cinemáticas (angulações médias e picos) foram analisadas durante a fase de apoio.

Os sinais brutos de EMG foram filtrados com um filtro passa-banda de 20-450 Hz. A seguir, foi realizada a retificação de onda completa, filtrados com um filtro *Butterworth* passa-baixa bidirecional, de quarta ordem e frequência de corte de 50 Hz. A média do sinal EMG utilizada para análise foi normalizada pela média de ativação do respectivo músculo durante um ciclo completo da corrida. O estudo considerou 3 fases específicas da corrida: fase de apoio (0 a aproximadamente 45% do ciclo da corrida), primeira metade da fase de balanço tardio (80 a 90% do ciclo da corrida) e segunda metade da fase de balanço tardio (90 a 100% do ciclo da corrida).

### ***Análise dos dados***

A normalidade dos dados e homogeneidade de variância foram testadas utilizando os testes de *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respectivamente. O teste de análise de variância (ANOVA)

com modelo misto 3 X 3 (Tempo X Grupo) (avaliação inicial, avaliação pós-treinamento e avaliação 6 meses pós-treinamento X 3 grupos) foi utilizada para comparar os efeitos do treinamento na técnica nas variáveis de dor e função. As variáveis cinemáticas e de EMG foram analisadas estatisticamente utilizando-se uma ANOVA com modelo misto 2 X 3 (avaliação inicial e avaliação pós-treinamento X 3 grupos). Para ambas as análises o tempo foi considerado como fator repetido. Caso a esfericidade fosse violada, a correção de *Greenhouse-Geisser* foi utilizada. Na presença de interação Tempo X Grupo, os efeitos univariados foram analisados. O teste *posthoc* de *Tukey* foi utilizado para a análise de comparação múltipla. Na ausência de interação significativa, o efeito principal de Tempo e Grupo foi reportado. Todos os testes foram executados no *software* SPSS (SPSS Inc., Chicago, EUA). Para todas as análises, considerou-se  $\alpha = 5\%$ .

## RESULTADOS

As características demográficas e as informações relacionadas à corrida e DPF dos corredores incluídos no presente estudo estão reportadas na **Tabela 1**. Não foi observada diferença significativa entre os grupos para idade, massa corpórea, distância percorrida por semana de treino, pior dor relatada na última semana e pontuações no EDAJ e *LEFS* ( $P>0,05$ ). Os participantes treinados na CFP10% eram mais altos ( $P=0,029$ ) e apresentaram maior tempo de dor ( $P=0,025$ ) quando comparados aos demais grupos.

**Tabela 1:** Características demográficas dos participantes durante a avaliação inicial.

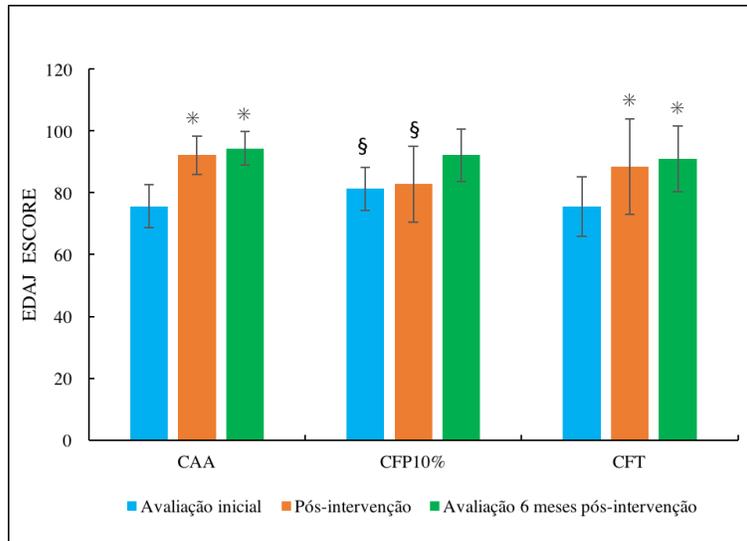
	CAA	CFP10%	CFT
<b>Idade (anos)</b>	28,50 (2,74)	26,50 (5,43)	26,83 (2,71)
<b>Altura (m)</b>	1,69 (0,03)	1,75 (0,05)§	1,66 (0,06)
<b>Massa corpórea (kg)</b>	66,33 (13,60)	74,83 (10,07)	64,33 (10,98)
<b>Duração dos sintomas de DPF (anos)</b>	0,70 (0,69)	4,06 (3,65)	2,19 (3,83)
<b>Distância percorrida (km/semana)</b>	21,17 (5,85)	25,67 (7,39)	22,00 (6,93)
<b>Experiência na corrida (anos)</b>	1,76 (1,86)	4,58 (3,32)*§	0,79 (0,50)
<b>EDAJ (0-100 pts)</b>	75,67 (6,86)	81,33 (6,95)	75,50 (9,63)
<b>LEFS (0-80 pts)</b>	63,83 (8,93)	70,83 (2,04)	65,50 (9,27)
<b>Sexo</b>	2 H / 4 M	4 H / 2 M	3 H / 3 M
<b>Velocidade (km/h)</b>	8,83 (1,63)	9,42 (0,97)	9,00 (1,70)

Valores em média (desvio-padrão); Abreviação: DPF, Dor Patelofemoral; CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com frequência da passada aumentada em 10%; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco; EDAJ, Escala para Dor Anterior no joelho; LEFS, Lower Extremity Functional Scale; H, homens; M, mulheres.

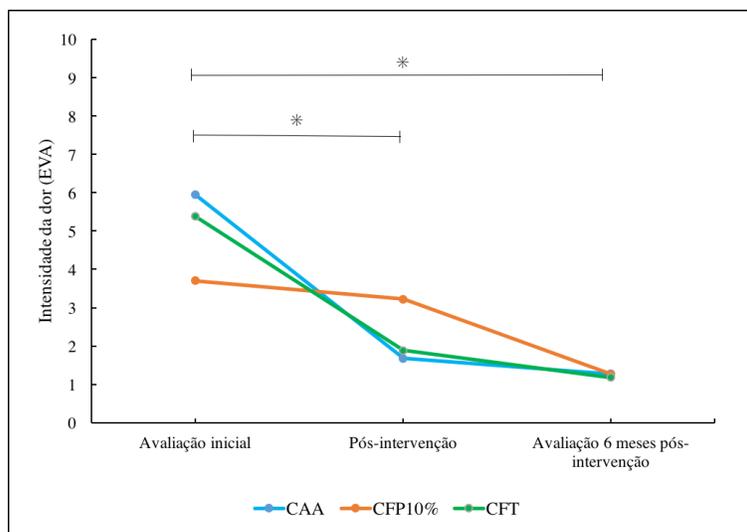
\*Diferença significativa comparado ao grupo CAA ( $P<0,05$ )

§ Diferença significativa comparado ao grupo CFT ( $P<0,05$ )

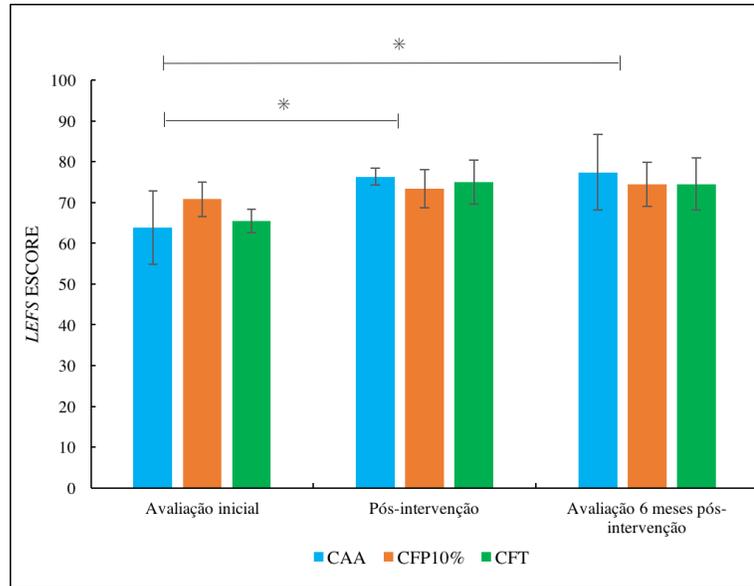
Considerando as variáveis clínicas, reportadas nas **Figuras 7-9**, foi encontrada interação significativa Tempo X Grupo para os valores obtido no questionário EDAJ ( $P=0,023$ ; tamanho do efeito = 0,306). As técnicas CAA e CFT aumentaram a pontuação no EDAJ entre a avaliação inicial e pós-treinamento ( $P=0,001$ ;  $P=0,008$ ) e, entre a avaliação inicial e 6 meses pós-treinamento ( $P<0,001$ ;  $P<0,001$ ). A técnica CFP10% aumentou significativamente a pontuação no EDAJ entre a avaliação inicial e 6 meses pós-treinamento ( $P=0,006$ ) e, entre as medidas pós-treinamento e 6 meses pós-treinamento ( $P=0,007$ ). Para essa técnica, não foi reportada diferença significativa entre a avaliação inicial e pós-treinamento ( $P=1,00$ ). Entretanto, quando se considera as demais variáveis clínicas, independente do grupo, observa-se efeito principal do tempo sobre a dor ( $P<0,001$ ; tamanho do efeito = 0,190) e *LEFS* ( $P<0,001$ ; tamanho do efeito = 0,269). Foi observada redução significativa da intensidade da dor entre a avaliação inicial e pós-treinamento ( $P=0,002$ ) e entre a avaliação inicial e 6 meses pós-treinamento ( $P<0,001$ ). Os mesmos resultados de melhora clínica foram observados para as pontuações na *LEFS*. Os participantes aumentaram a habilidade de execução de atividades diárias quando se comparou a pontuação obtida na avaliação inicial e pós-treinamento ( $P=0,001$ ) e, entre a avaliação inicial e 6 meses pós-treinamento ( $P<0,001$ ).



**Figura 7:** Média (desvio-padrão) pontuação EDJAJ na avaliação inicial, pós-intervenção e 6 meses pós-intervenção. Houve interação significativa Grupo X Tempo. Abreviação: EDJAJ; Escala para Dor Anterior no joelho; CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com frequência da passada aumentada em 10%; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco. \*Diferença significativa comparado a avaliação inicial ( $P < 0,05$ ). §Diferença significativa comparado a avaliação 6 meses pós-intervenção.



**Figura 8:** Média intensidade da dor medida pela EVA na avaliação inicial, pós-intervenção e 6 meses pós-intervenção. Houve efeito principal significativo de tempo. Abreviação: EVA, Escala Visual Analógica; CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com frequência da passada aumentada em 10%; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco. \*Diferença significativa comparado a avaliação inicial ( $P < 0,05$ ).



**Figura 9:** Média (desvio-padrão) pontuação LEFS na avaliação inicial, pós-intervenção e 6 meses pós-intervenção. Houve efeito principal significativo de tempo. Abreviação: LEFS; Lower Extremity Functional Scale; CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com frequência da passada aumentada em 10%; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco. \*Diferença significativa comparado a avaliação inicial ( $P < 0,05$ ).

Os resultados cinemáticos são reportados na **Tabela 2**. Houve interação significativa Tempo X Grupo para a posição do tornozelo no plano sagital durante o contato inicial ( $P<0,001$ ) e a média do ângulo de flexão do tronco ( $P<0,001$ ). Também se observou uma tendência a interação significativa para o pico de abdução do joelho ( $P=0,054$ ). As comparações entre avaliações e grupos mostraram que o grupo treinado na CAA exibiu maior ângulo de flexão plantar ( $P<0,001$ ) após o treinamento e o ângulo apresentado foi significativamente maior quando comparado aos grupos CFP10% ( $P=0,001$ ) e CFT ( $P<0,001$ ) na sessão de pós-treinamento. Os corredores treinados na CFT apresentaram maior angulação do tronco no plano sagital após o treinamento quando comparados à avaliação inicial ( $P<0,001$ ). Essa angulação também foi maior quando comparada às medidas após a intervenção entre os grupos CFT e CAA ( $P=0,004$ ) e, CFT e CFP10% ( $P<0,001$ ). O grupo CFP10% mostrou tendência em reduzir o pico de abdução do joelho após a intervenção ( $P=0,079$ ). Além desses resultados, foi reportada interação Tempo X Grupo significativa para a frequência da passada ( $P<0,001$ ). O número de passos por minuto foi maior durante a CFP10% após o treinamento na técnica de corrida ( $P<0,001$ ).

**Tabela 2:** Efeitos do treinamento nas técnicas de corrida sobre variáveis cinemáticas do membro inferior e tronco.

	Tornozelo	Joelho					Quadril			Tronco
	DF (+) / FP (-)	Flexão no contato inicial	Pico de flexão	Média de flexão	Pico de abdução	Pico de rotação externa	Flexão no contato inicial	Pico de adução	Pico de rotação interna	Média de flexão
<b>CAA</b>										
Baseline	10,26 (2,81)	7,89 (2,47)	35,86 (5,20)	22,23 (3,20)	3,90 (3,86)	21,28 (4,45)	26,66 (3,22)	13,19 (2,76)	17,44 (3,67)	10,04 (4,06)
Pós	-11,29 (5,49)*	11,93 (9,57)	34,18 (4,59)	24,26 (5,77)	4,95 (2,59)	23,69 (5,49)	25,13 (5,40)	14,18 (4,24)	17,75 (5,36)	9,36 (4,82)
<b>CFP10%</b>										
Baseline	5,16 (6,66)	6,83 (2,22)	35,59 (3,29)	22,28 (2,93)	4,00 (2,68)	19,70 (5,84)	30,24 (7,77)	11,05 (3,12)	17,66 (5,16)	7,21 (3,23)
Pós	4,15 (5,10)§	9,63 (5,05)	32,37 (1,68)	21,83 (3,56)	2,73 (2,60)	16,29 (6,96)	27,57 (5,33)	8,93 (4,16)	16,54 (4,24)	4,75 (3,12)
<b>CFT</b>										
Baseline	10,26 (2,13)	3,27 (6,17)	33,90 (7,21)	20,57 (6,19)	3,92 (2,69)	22,77 (5,23)	27,86 (6,91)	12,63 (5,88)	15,50 (2,39)	10,82 (4,24)
Pós	10,86 (6,86)§	2,15 (5,51)	34,29 (7,07)	20,61 (5,89)	2,91 (2,46)	24,45 (4,47)	28,98 (4,95)	10,71 (4,54)	14,76 (1,71)	19,05 (4,71)*§
Tamanho do efeito ( $\eta^2$ parcial)	0,713	0,143	0,074	0,047	0,323	0,244	0,114	0,218	0,032	0,697

Valores média (desvio-padrão) em graus. CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com frequência da passada aumentada em 10%; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco; DF, dorsiflexão; FP, flexão plantar.

\*Diferença significativa comparado ao baseline ( $P < 0,05$ )

§Diferença significativa entre grupos para este período de análise ( $P < 0,05$ )

Por fim, os resultados referentes à ativação muscular estão reportados na **Tabela 3**. Observou-se interação Tempo X Grupo significativa durante a primeira metade da fase de balanço tardio (80-90% do ciclo da corrida) para o músculo gastrocnêmio medial ( $P=0,037$ , tamanho do efeito = 0,356) e interação significativa durante a fase de balanço tardio (90-100% do ciclo da corrida) para o músculo reto femoral ( $P=0,006$ , tamanho do efeito = 0,491) e uma tendência para interação do gastrocnêmio medial ( $P=0,059$ , tamanho do efeito = 0,315). As comparações entre grupos e técnicas revelaram maior ativação do gastrocnêmio medial durante a sessão pós-treinamento entre os grupos CAA e CFT ( $P=0,022$  durante 80-90% do ciclo da corrida e;  $P=0,038$  durante 90-100% do ciclo da corrida). As comparações entre as sessões pós-treinamento mostraram que o grupo CAA demonstrou aumento da ativação do reto femoral quando comparados ao grupo CFP10% ( $P=0,002$ ) e CFT ( $P=0,030$ ). Independente do grupo, a intervenção reduziu a ativação dos músculos gastrocnêmio medial ( $P=0,024$ ), vasto lateral ( $P=0,027$ ) e glúteo médio ( $P=0,003$ ) durante a fase de apoio da corrida. Ainda independente do grupo, foi reportado efeito principal do tempo durante a fase de balanço tardio (80-90% do ciclo da corrida) período o qual ocorreu aumento da ativação do gastrocnêmio medial ( $P=0,003$ ); e durante a metade final do balanço tardio (90-100% do ciclo da corrida) houve aumento da atividade do gastrocnêmio medial ( $P<0,001$ ), reto femoral ( $P=0,049$ ) e uma tendência a maior ativação do vasto lateral ( $P=0,058$ ) após o treinamento.

**Tabela 3:** Efeitos do treinamento nas técnicas de corrida na ativação muscular do membro inferior.

	GM	TA	VL	RF	GMED	BF	GMAX
<b>Fase de apoio</b>							
<b>CAA</b>							
Baseline	1,96 (0,45)	1,08 (0,60)	1,80 (0,22)	1,35 (0,18)	1,50 (0,22)	1,08 (0,32)	1,27 (0,29)
Pós	1,64 (0,35)	1,14 (0,35)	1,81 (0,11)	1,48 (0,11)	1,43 (0,20)	1,04 (0,37)	1,12 (0,29)
<b>CFP10%</b>							
Baseline	1,98 (0,08)	0,56 (0,21)	1,81 (0,12)	1,18 (0,33)	1,56 (0,10)	1,04 (0,21)	1,14 (0,34)
Pós	1,96 (0,17)	0,74 (0,23)	1,70 (0,20)	1,12 (0,29)	1,37 (0,15)	0,89 (0,17)	1,15 (0,40)
<b>CFT</b>							
Baseline	2,10 (0,11)	0,75 (0,33)	1,83 (0,15)	1,35 (0,37)	1,56 (0,12)	0,96 (0,11)	1,37 (0,23)
Pós	1,83 (0,27)	0,77 (0,29)	1,64 (0,22)	1,16 (0,19)	1,43 (0,18)	1,10 (0,13)	1,35 (0,32)
<b>80-90% do ciclo da corrida</b>							
<b>CAA</b>							
Baseline	0,23 (0,25)	0,52 (0,35)	0,30 (0,16)	0,46 (0,16)	0,74 (0,40)	2,14 (0,63)	0,78 (0,27)
Pós	0,94 (0,34)*	0,56 (0,23)	0,44 (0,19)	0,58 (0,19)	0,80 (0,42)	2,52 (0,42)	0,70 (0,24)
<b>CFP10%</b>							
Baseline	0,18 (0,07)	1,20 (0,55)	0,43 (0,32)	0,29 (0,12)	0,67 (0,37)	1,98 (0,54)	0,68 (0,33)
Pós	0,44 (0,67)	1,19 (0,58)	0,58 (0,38)	0,35 (0,16)	0,85 (0,61)	2,19 (0,30)	0,71 (0,42)
<b>CFT</b>							
Baseline	0,11 (0,03)	0,79 (0,37)	0,42 (0,23)	0,44 (0,21)	0,85 (0,85)	2,31 (0,59)	0,59 (0,26)
Pós	0,16 (0,06)§	0,66 (0,20)	0,41 (0,28)	0,44 (0,20)	0,73 (0,29)	1,97 (0,70)	0,47 (0,12)
<b>90-100% do ciclo da corrida</b>							
<b>CAA</b>							
Baseline	0,72 (0,63)	1,60 (0,78)	0,83 (0,32)	0,60 (0,18)	1,22 (0,36)	1,69 (0,41)	1,43 (0,51)
Pós	2,10 (0,68)*	1,28 (1,01)	1,23 (0,31)	1,00 (0,34)*	1,31 (0,60)	1,72 (0,48)	1,15 (0,59)
<b>CFP10%</b>							
Baseline	0,76 (0,43)	2,03 (0,71)	0,91 (0,38)	0,50 (0,16)	1,05 (0,69)	2,09 (0,65)	1,15 (0,53)
Pós	1,19 (0,91)	1,70 (0,36)	1,32 (0,86)	0,48 (0,14)§	1,18 (0,38)	2,37 (0,96)	1,02 (0,40)
<b>CFT</b>							
Baseline	0,42 (0,31)	2,30 (0,69)	1,00 (0,19)	0,68 (0,14)	0,89 (0,52)	2,94 (1,75)	1,07 (0,21)
Pós	0,88 (0,63)§	2,01 (0,62)	1,26 (0,74)	0,64 (0,09)§	1,10 (0,68)	2,38 (0,46)	1,11 (0,38)

Valores média (desvio-padrão). CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com frequência da passada aumentada em 10%; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco; GM, gastrocnêmio medial; TA, tibial anterior; VL, vasto lateral; RF, reto femoral; GMED, glúteo médio; BF, bíceps femoral; GMAX, glúteo máximo. \*Diferença significativa comparado ao baseline ( $P < 0,05$ ) §Diferença significativa entre grupos para este período de análise ( $P < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

---

O treinamento de diferentes padrões de corrida tem se tornado uma abordagem comum na área da biomecânica da corrida em decorrência dos benefícios conseguidos após simples instruções verbais (Agresta & Brown, 2015; Barton *et al.*, 2016; Napier *et al.*, 2015). O objetivo do presente estudo foi determinar se um protocolo de treinamento de 2 semanas nas técnicas CAA, CFP10% e CFT resultaria em redução da dor e melhora da função a curto e longo prazo, acompanhadas por alterações na cinemática e no sinal de EMG em corredores com DPF. Os resultados deste ensaio clínico randomizado suporta parcialmente as hipóteses iniciais do estudo. Curiosamente, os resultados demonstram melhoras clínicas, reportados pela melhora da intensidade da dor e pelo aumento das pontuações dos questionários de função, entretanto, tais efeitos clínicos não podem ser plenamente explicados pelas alterações na cinemática e no sinal EMG que ocorreram após a intervenção.

Apesar da grande investigação dos efeitos da alteração do padrão de corrida, a literatura consultada ainda fornece poucos resultados relativos à população de corredores com DPF e os efeitos a longo prazo que essas intervenções podem resultar. O presente estudo verificou que os grupos treinados na CAA e CFT são capazes de reduzir a intensidade da dor e melhorar a função após 8 sessões de treinamento supervisionado. Os benefícios clínicos de ambas as técnicas foram mantidos 6 meses após a intervenção com a manutenção dos treinos de corrida e sem qualquer tratamento específico para a lesão. O grupo treinado na CFP10% apresentou maior histórico de duração da dor quando comparado aos demais grupos, o que pode explicar a ausência de diferenças na avaliação pós-treinamento. Entretanto, esse grupo apresentou melhora significativa a longo prazo, medida 6 meses após o treinamento.

Os resultados de interação Tempo X Grupo e de efeito principal apresentados para as variáveis cinemáticas foram os esperados considerando as instruções verbais para técnica de corrida, uma vez que o grupo treinado na CAA apresentou maior flexão plantar e o grupo treinado na CFT exibiu maior flexão do tronco. É importante ressaltar a tendência de redução do pico de abdução do joelho que a técnica CFP10% resultou após 8 sessões de treinamento. Sabe-se que o aumento da abdução do joelho no plano frontal de movimento pode resultar no aumento do valgo dinâmico do joelho (Powers, 2003) e estar associado ao desenvolvimento de DPF em corredores (Willy *et al.*, 2012). Uma vez que ocorre aumento das forças lateralizantes que agem sobre a patela, aumentando consequentemente o estresse patelofemoral lateral (Huberti & Hayes, 1984).

A análise das interações do sinal EMG mostrou que a CAA é a técnica mais sensível às alterações na amplitude média de ativação muscular. A alteração do padrão de aterrissagem aumentou a ativação dos músculos gastrocnêmio medial e reto femoral em corredores com DPF durante a fase de balanço tardio comparado com as outras técnicas de corrida. Giandolini *et al.* (2013) e Shih, Lin & Shiang (2013) também reportaram aumento da pré-ativação do gastrocnêmio durante a fase de balanço tardio em corredores saudáveis após a transição imediata da aterrissagem com o retopé para o médio/antepé. A maior ativação do gastrocnêmio lateral precedente ao contato inicial está associada com a posição de flexão plantar do pé no contato inicial e a geração de um momento dorsiflexor externo no tornozelo (Chumanov *et al.*, 2012; Giandolini *et al.*, 2013). A maior pré-ativação muscular aumenta a *stiffness* muscular do membro inferior (Gollhofer & Kyröläinen, 1991) e a estabilização das articulações na recepção da carga de impacto (Chumanov *et al.*, 2012). Em divergência aos resultados encontrados pelo presente estudo, Shih, Lin & Shiang (2013) também reportaram

como efeito imediato, que a CAA ocasiona aumento da ativação do músculo gastrocnêmio durante a fase de apoio da corrida em corredores saudáveis. Possivelmente, os corredores do presente estudo executaram a corrida com menor sobrecarga dos flexores plantares após o treinamento na técnica.

Estudos prévios identificaram que a CAA causa atenuação do impacto durante a corrida. Sabe-se que o aumento do ângulo de flexão do joelho durante o contato inicial permite uma melhor absorção e dissipação da força de reação do solo (Lieberman, 2012). Roper *et al.* (2016) em um protocolo de treinamento similar ao executado neste estudo, demonstraram um aumento significativo de 6° na flexão do joelho durante o contato inicial na técnica CAA em corredores com DPF. Embora os corredores do presente estudo não tenham demonstrado diferença estatisticamente significativa para a mesma variável, houve um aumento de 4°. Além da importância da flexão do joelho no contato inicial para auxiliar na absorção da carga de impacto vertical, a ativação muscular também tem um papel importante neste mecanismo de dissipação de força durante atividades com suporte de peso (Zhang, Bates & Dufek, 2000). No geral, independente da técnica treinada os participantes aumentaram a ativação dos músculos gastrocnêmio medial, vasto lateral e reto femoral na fase de balanço tardio, o que pode ter auxiliado no amortecimento das forças de impacto. Em oposição aos resultados apresentados por Chumanov *et al.* (2012), os quais resultaram em aumento da ativação dos glúteos máximo e médio durante a fase de balanço tardio na CFP10%, o presente estudo não verificou alteração na amplitude média de ativação desse grupo muscular em qualquer uma das técnicas treinadas. Algumas diferenças nos métodos dos estudos podem explicar tais divergências. Primeiramente, Chumanov *et al.* (2012) apenas avaliaram corredores saudáveis e os efeitos imediatos do aumento da frequência da passada.

Chumanov *et al.* (2012) e Heiderscheit *et al.* (2011) reportaram aumento da ativação glútea acompanhada pela redução da adução do quadril e da redução do momento adutor e rotador medial do quadril durante a corrida com maior frequência da passada. É possível que a ausência de diferenças na cinemática do quadril explique a não alteração da ativação da musculatura do quadril entre a avaliação inicial e a avaliação pós-treinamento.

Estudos prévios têm mostrado diferenças cinemáticas imediatamente após a execução das técnicas CAA, CFP10% e CFT, como por exemplo, redução no pico de flexão do joelho (Kulmala *et al.*, 2013; Lenhart *et al.*, 2014; Teng & Powers, 2014), menor pico de abdução do joelho (dos Santos *et al.*, 2016; Kulmala *et al.*, 2013) e/ou menor adução do quadril (Heiderscheit *et al.*, 2011; Kulmala *et al.*, 2013) em corredores saudáveis. Além disso, tem sido mostrado menor adução do quadril após o treinamento da corrida na CFP10% (Hafer *et al.*, 2015). Entretanto, os resultados do presente estudo não corroboram com resultados previamente publicados com corredores saudáveis. Dessa forma, os efeitos de um treinamento da corrida observados em populações saudáveis, não devem ser extrapolados para populações de corredores com DPF. Além da importância em se considerar a presença de possíveis estratégias compensatórias na cinemática de indivíduos com dor, em decorrência dos sintomas. Por exemplo, sabe-se que quanto maior o ângulo de flexão do joelho maior o momento extensor do joelho, o que pode resultar em um maior estresse patelofemoral durante atividades com suporte de peso (Powers *et al.*, 2014). De fato, o pico de flexão do joelho durante a avaliação inicial dos participantes com DPF quando comparada à uma população sadia submetida à um mesmo protocolo de avaliação mostra-se aproximadamente 6° menor (dos Santos *et al.*, 2016).

As vias de dor envolvidas na DPF ainda permanecem pouco claras, devido principalmente à variedade de estruturas que contribuem com a nocicepção (Crossley *et al.*, 2016; Witvrouw *et al.*, 2014). Considerando a melhora clínica observada nos 3 grupos treinados nas técnicas de corrida, os autores hipotetizam que a maior ativação muscular durante a fase antecedente ao contato inicial do pé com a esteira pode ter contribuição na estabilização da articulação patelofemoral e, também é possível, que pequenas alterações cinemáticas mesmo na ausência de significância estatística, possam ter afetado a cinemática e cinética da articulação patelofemoral, causando redução dos sintomas. Os autores ainda acreditam que outros fatores não avaliados no presente estudo possam explicar os efeitos clínicos substanciais da intervenção, como por exemplo, a análise das forças atuantes sobre a patela, medidas pelo estresse patelofemoral. Esta variável está diretamente relacionada à etiologia e/ou exacerbação dos sintomas de DPF devido ao aumento da pressão no tecido subcondral (Fulkerson & Shea, 1990). O cálculo do estresse patelofemoral considera o ângulo de flexão do joelho, o momento extensor do joelho, a força do músculo quadríceps, a área de contato patelar e a força de compressão da patela contra o fêmur (Brechtler & Powers, 2002; Ho, Blanchette & Powers, 2012). Modelos biomecânicos mais elaborados para este cálculo também podem considerar a co-contração dos músculos flexores do joelho (Willson *et al.*, 2015) e, através de simulações computacionais, os planos frontal e transversal também podem ser considerados durante o movimento (Fitzpatrick, Baldwin & Rullkoetter, 2010) tornando a análise muito próxima da realidade. Novas investigações científicas devem considerar igualmente a análise dos fatores psicossociais que envolvem a rotina do atleta, para desta forma, esclarecer tais efeitos das modificações na técnica de corrida.

O estudo apresenta limitações que precisam ser reconhecidas. Em primeiro lugar, os critérios de inclusão do estudo foram bastante restritos, a fim de garantir a alta qualidade metodológica, o que refletiu diretamente no tamanho da amostra e, pode ter sido pequena para detecção de efeitos significativos. A randomização dos grupos não considerou a experiência na corrida, a distância percorrida semanalmente, duração dos sintomas ou o sexo dos participantes. O treinamento foi executado em esteira ergométrica, enquanto que a maioria dos corredores relatou uma rotina de treino em ambientes abertos. Finalmente, o estudo não avaliou a biomecânica do membro inferior 6 meses após o treinamento, o que impossibilita o conhecimento da retenção do novo padrão treinado.

## CONCLUSÃO

---

A corrida com aterrissagem com o antepé, aumento da frequência da passada e aumento da flexão do tronco reduz os sintomas de DPF e melhora a função após 2 semanas de treinamento supervisionado e, os benefícios clínicos da intervenção foram mantidos 6 meses após o treinamento. No geral, o treinamento desses padrões de corrida reduzem a ativação muscular na fase de apoio da corrida e aumenta a ativação muscular precedente ao contato inicial.

***COMPARAÇÃO DO ESTRESSE PATELOFEMORAL ENTRE  
TRÊS DIFERENTES MODIFICAÇÕES NA TÉCNICA DE  
CORRIDA***

**Ana F. dos Santos,** Theresa H. Nakagawa, Fábio V. Serrão, Reed Ferber

Patellofemoral joint stress measured across three diferente running techniques. Artigo submetido para publicação no periódico *Medicine & Science in Sport & Exercise*.

Dados preliminares apresentados no 34th FIMS World Congress of Sports Medicine e publicados no periódico *British Journal of Sports Medicine* (2016;50; Suppl 1:A7-8).

## RESUMO

---

**Desenho do estudo:** estudo laboratorial transversal.

**Introdução:** A dor patelofemoral (DPF) é uma lesão comum no joelho do corredor. Recentemente, tem sido hipotetizado que o treinamento em diferentes técnicas de corrida é capaz de promover efeito benéfico sobre o estresse patelofemoral (EPF) durante a atividade.

**Objetivos:** Quantificar a cinética da articulação patelofemoral em 4 condições de corrida: 1. Corrida habitual com retopé (CHAB), 2. Corrida com aterrissagem com o antepé (CAA), 3. Corrida com aumento na frequência da passada em 10% (CFP10%) e 4. Corrida com aumento da flexão do tronco (CFT).

**Métodos:** Vinte corredores saudáveis foram examinados durante uma velocidade confortável auto selecionada em uma esteira instrumentada. Dados cinéticos e cinemáticos foram coletados e os momentos articulares do quadril, joelho e tornozelo e o EPF foram calculados. A média de 10 passos consecutivos para cada condição foi utilizada para análise comparativa.

**Resultados:** Redução significativa do pico de EPF ( $P < 0,01$ ) e da integral do EPF por tempo ( $P < 0,01$ ) durante a execução das técnicas CAA e CFP10% quando comparadas à CHAB. Redução significativa do EPF por quilometro para todas as condições de corrida comparadas ao padrão de corrida habitual: 16,48% de redução durante a CAA, 13,59% de redução durante a CFP10% e 5,87% de redução durante a CFT. A comparação entre técnicas revelou reduções mais significativas do EPF durante a CAA, seguida pela CFP10%. As alterações observadas foram resultantes de diferentes estratégias cinemáticas e cinéticas utilizadas entre as 3 técnicas de corrida.

**Conclusão:** As 3 técnicas de corrida analisadas resultaram em menor EPF acumulado por km em corredores saudáveis, sendo a CAA a mais eficaz. É possível que as modificações de técnica de corrida sejam recomendadas para redução da sobrecarga sobre a articulação patelofemoral, podendo ter implicações para a prevenção de DPF.

**Palavras-chave:** treinamento de corrida; biomecânica, corredores; dor no joelho.

## INTRODUÇÃO

---

A corrida é uma das atividades físicas mais comuns em todo o mundo (Running USA, 2015). Nos últimos cinco anos, a popularidade das corridas de longa distância, como maratonas, aumentou 13% ao redor do mundo (RunRepeat, 2014). Entretanto, a cada ano, mais de 70% dos corredores reportam algum tipo de lesão musculoesquelética (Ferber, Hreljac & Kendall, 2009). Aproximadamente 50% do total de lesões envolvem a articulação do joelho, sendo a dor patelofemoral (DPF) a lesão mais comum nesta articulação (Taunton *et al.*, 2002; van Gent *et al.*, 2007). Sabe-se também que o histórico crônico de DPF pode estar diretamente relacionado ao desenvolvimento de osteoartrite patelofemoral (Utting, Davies & Newman, 2005). Portanto, é fundamental avaliar as cargas que atuam na articulação patelofemoral durante a corrida.

Uma forma de análise das forças que atuam sobre a patela é realizar o cálculo do estresse patelofemoral (EPF) (Brechtler & Powers, 2002). Altos valores de EPF podem estar associados à etiologia ou exacerbação dos sintomas de DPF devido ao aumento da pressão do tecido subcondral (Fulkerson & Shea, 1990). Primariamente, o modelo utilizado para estimar o EPF considera o ângulo de flexão do joelho e o momento extensor do joelho sujeito-específico (Brechtler & Powers, 2002). Este método já foi utilizado previamente em diferentes atividades, inclusive durante a corrida (Bonacci *et al.*, 2014; Roper *et al.*, 2016; Willson *et al.*, 2014, 2015).

Pesquisas mais recentes têm mostrado que três diferentes modificações na técnica de corrida podem ser capazes de promover efeitos benéficos na biomecânica do membro inferior em corredores, incluindo a redução do EPF. Primeiramente, foi demonstrado que a corrida com aterrissagem com o antepé (CAA) resulta em uma redução de 10-27% no pico de EPF

em corredores saudáveis (Kernozek, Vannatta & Bogert 2015; Kulmala *et al.*, 2013; Willson *et al.*, 2015). Também foi observada 50% de redução da mesma variável em corredores com DPF, concomitante a redução dos sintomas de dor e alterações cinemáticas durante a execução dessa técnica de corrida (Roper *et al.*, 2016). Estudos na área também têm mostrado que a corrida com uma maior frequência de passada (número de passos por minuto) (CFP10%) reduz em 15-20% o pico de EPF, e também é capaz de promover uma redução de 9-12% do EPF por quilômetro em corredores saudáveis (Willson *et al.*, 2015) e corredores com DPF (Willson *et al.*, 2014). Por fim, a corrida com aumento da flexão do tronco (CFT), ainda pouco estudada, mostrou redução significativa de 6% no pico de EPF em corredores saudáveis (Teng & Powers, 2014).

Embora as abordagens de modificação na técnica de corrida anteriormente mencionadas terem apresentado resultados positivos em relação à redução do EPF, a partir da literatura consultada pelos autores do presente estudo, destaca-se o fato que uma comparação dos efeitos dessas três técnicas de corrida em um único coorte ainda não tenha sido conduzido. Além do fato de que a corrida é uma atividade de alta repetição, o que torna importante a investigação da sobrecarga acumulada para correr longas distâncias e, dessa forma, compreender os mecanismos necessários para reduzir o EPF para cada uma dessas técnicas.

Os objetivos do presente estudo foram mensurar as alterações na força de reação do solo (FRS) e nos padrões cinemático e cinético do membro inferior e, a partir de tais resultados, calcular o EPF para as seguintes condições de corrida: 1) corrida habitual com o retropé (CHAB), 2) CAA, 3) CFP10% e 4) CFT. Foi hipotetizado que os mecanismos envolvidos em cada nova técnica de corrida os quais levariam à subsequentemente redução

do EPF seriam diferentes. A CAA reduziria o momento extensor do joelho em decorrência de uma maior contribuição da articulação do tornozelo durante a fase de apoio da corrida. Também era esperado que a CFP10% reduzisse o pico de flexão do joelho. E, durante a execução da CFT, uma maior contribuição da articulação do quadril contribuiria para a redução do momento extensor do joelho. Finalmente, também foi hipotetizado que não haveria diferença entre as três modificações na técnica de corrida para as variáveis relacionadas ao EPF.

## MÉTODOS

---

### *Participantes*

Vinte corredores recreacionais foram incluídos no estudo (9 homens, 11 mulheres). O tamanho da amostra foi calculado a priori com base nos dados do estudo de Vannatta & Kernozek (2015) e utilizando como variável de interesse a integral do EPF por tempo. Os cálculos foram realizados utilizando  $\alpha = 0,05$ ;  $\beta = 0,20$ ; tamanho do efeito = 0,315. Com base nesses parâmetros, 16 sujeitos seriam necessários para que o estudo tivesse poder estatístico adequado ( $power = 80\%$ ).

Para serem incluídos no estudo, os participantes deveriam apresentar padrão de aterrissagem iniciado com o retropé durante a corrida habitual, correr no mínimo 20 km por semana há pelo menos 3 meses, não ter apresentado nenhuma lesão musculoesquelética nos membros inferiores nos últimos 3 meses precedentes à avaliação e não relatar qualquer histórico de cirurgia ortopédica nos membros inferiores. As características demográficas dos voluntários avaliados estão descritas na **Tabela 1**.

**Tabela 1:** Caracterização da amostra.

<b>Idade (anos)</b>	<b>Massa corpórea (kg)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Distância percorrida (km/semana)</b>	<b>Experiência de corrida (anos)</b>	<b>Velocidade confortável (km/h)</b>
27,85 (4,98)	66,46 (9,57)	1,71 (0,08)	26,25 (8,74)	6,00 (4,39)	10,24 (0,95)

Valores em média (desvio-padrão)

Todos participantes do projeto de pesquisa assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (**Apêndice IV**) e a permissão para conduzir o protocolo utilizado neste estudo foi concedida pelo Conjoint Health Research Ethics Board pertencente à University of Calgary (ID: REB16-0714) (**Anexo V**).

### ***Procedimentos***

Anteriormente à coleta de dados, todos participantes foram filmados com uma câmera de alta frequência (120 Hz) enquanto corriam em esteira ergométrica sem qualquer instrução. O procedimento foi utilizado para auxiliar na determinação do padrão de aterrissagem habitual do corredor. Ainda durante o ensaio na corrida habitual, a frequência da passada e a velocidade confortável também foram determinadas (dos Santos *et al.*, 2016; Heiderscheit *et al.*, 2011). Após a confirmação do padrão de aterrissagem com o retropé, os participantes executaram as três técnicas de corrida propostas, em ordem aleatória, para acomodar-se às condições experimentais. Instruções verbais (dos Santos *et al.*, 2016) foram dadas aos participantes para garantir a execução correta de cada técnica de corrida. Para CAA os corredores foram instruídos a “fazer o contato inicial com o solo utilizando a ponta do pé, abaixo das articulações metatarsais”. Neste caso, o toque do calcâneo após o toque da ponta do pé era opcional, sendo a confirmação do padrão de aterrissagem realizada por meio da inspeção visual do avaliador. Para a CFP10%, os participantes foram instruídos a manter a cadência, controlada por um estímulo sonoro de um metrônomo digital. Para a CFT, os corredores foram instruídos a “correr com uma postura do tronco ligeiramente fletida”, sendo a confirmação deste padrão feita visualmente pelo avaliador. Para garantir a não sobreposição de uma técnica sobre a outra, o padrão de aterrissagem, a frequência da passada e a angulação

de flexão do tronco foram controladas em todas as condições de corrida. Cada técnica foi executada de forma correta por um período de 2 minutos, separadas por intervalos de 2 minutos de descanso (caminhada a 4,5 km/h). Todas as condições foram executadas na velocidade considerada confortável e próxima a velocidade utilizada em um treino de corrida de cada participante.

Após a sessão de familiarização com as técnicas de corrida e com o protocolo de avaliação, a sessão de avaliação propriamente dita foi realizada após um período máximo de 3 dias. Esta sessão envolveu a coleta de dados de força de reação do solo (FRS) através de uma avaliação cinética em esteira instrumentada (1000 Hz; Bertec, Columbus, OH, EUA) e a coleta de dados cinemáticos (200 Hz; 7-camera VICON MX3 Motion System, Oxford, UK). Todos participantes utilizaram o mesmo modelo de tênis durante as avaliações (Pegasus, Nike, Beaverton, EUA) para padronização da condição do calçado. Para garantir a familiarização com a esteira, a segunda sessão foi iniciada com um aquecimento durante 5 minutos (caminhada 4,5 km/h). Em sequência, as técnicas foram executadas na mesma ordem aleatória estabelecida durante a primeira sessão. Após a execução correta da técnica de corrida e a manutenção do padrão por 2 minutos, foram coletados 30 segundos de dados de FRS e cinemática articular.

## ***Análise dos dados***

### ***Cinética e cinemática***

A média de 10 passos sucessivos do membro inferior dominante em cada condição de corrida foi utilizada para análise dos dados. Marcadores refletivos anatômicos e de rastreamento posicionados em cada participante conforme detalhado no estudo de dos Santos

*et al.* (2016). O software Visual 3D (C-Motion Inc., Rockville, EUA) foi utilizado para o cálculo do sistema de coordenadas articulares, tratamento dos dados referentes à trajetória dos marcadores e a FRS (filtro passa baixa, *Butterworth* de quarta ordem, com atraso de fase zero e com frequência de corte de 12 Hz e 25 Hz, respectivamente). Para o cálculo dos momentos internos, utilizou-se da dinâmica inversa padrão e os dados foram normalizados pela massa corporal de cada participante e reportado em unidades de  $\text{Nm}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Os ângulos de *Cardan* foram calculados utilizando o sistema de coordenadas articular recomendado pela Sociedade Internacional de Biomecânica (Wu *et al.*, 2002) relativos à posição estática. Utilizando-se de um algoritmo customizado em ambiente *Matlab* (MathWorks Inc., Natick, EUA) os eventos de contato inicial e retirada do pé da esteira foram determinados através de um limiar de 20 N na curva de FRS vertical. Durante a análise dos sinais, o padrão de aterrissagem foi validado de acordo com a angulação do pé em relação à esteira no plano sagital durante o contato inicial, de acordo com o método aplicado por Altman & Davis (2012). O cálculo do comprimento do passo para cada voluntário foi feito através da multiplicação da velocidade constante pela duração da fase de apoio da corrida, seguida pela estimativa do número de passos necessários para percorrer 1 km.

### ***Estresse patelofemoral***

O EPF foi calculado utilizando-se de um modelo descrito previamente na literatura (Brechtler & Powers, 2002; Ho, Blanchette & Powers, 2012), o qual tem sido aplicado em estudos recentes com corrida (Bonacci *et al.*, 2014; Kulmala *et al.*, 2013; Roper *et al.*, 2016; Sinclair & Selfe, 2015). O modelo considera o ângulo específico de flexão do joelho ( $x$ ) e os dados do momento articular ( $M_k$ ) de cada participante durante a fase de apoio da corrida

como variáveis de entrada. Primeiramente, calcula-se o braço de alavanca do músculo quadríceps ( $L_Q$ ) em função do ângulo de flexão do joelho ( $x$ ) utilizando uma equação não-linear descrita por van Eijden *et al.* (1986), obtida a partir de um estudo com cadáveres [Equação 1]:

$$L_Q = 8.0E^{-5} x^{-3} - 0.013x^2 + 0.28x + 0.046 \quad [1]$$

A força do quadríceps ( $F_Q$ ) pode então ser obtida como descrito a seguir [Equação 2]:

$$F_Q = Mk/L_Q \quad [2]$$

O terceiro passo envolveu estimar a força de compressão da articulação patelofemoral (FCPF) como produto da  $F_Q$  e uma constante ( $k$ ) [Equação 3]:

$$FCPF = F_Q \cdot k \quad [3]$$

A constante  $k$  foi determinada para cada ângulo de flexão do joelho ( $x$ ) utilizando-se uma equação não-linear baseada em um estudo de van Eijden *et al.* (1986) [Equação 4]:

$$k(x) = (4.62E^{-1} + 1.47E^{-3}x^{-2} - 3.84E^{-5}x^{-2}) / (1 - 1.62E^{-2}x + 1.55E^{-4}x^2 - 6.98E^{-7}x^3) \quad [4]$$

A área de contato patelofemoral (APF) foi então determinada relativa ao ângulo de flexão do joelho ( $x$ ) por meio de um algoritmo de curva polinomial de quarta ordem baseado

nas informações apresentadas por Powers *et al.* (1998), o qual considerou a área de contato em sete diferentes angulações de flexão do joelho [Equação 5]:

$$APF = 2.0E^{-5}x^4 - 0.0033x^3 + 0.1099x^2 + 3.5273x + 81.058 \quad [5]$$

Finalmente, a FCPF foi dividida pela APF para estimar o estresse patelofemoral (EPF) durante a corrida [Equação 6]:

$$EPF = FCPF/APF \quad [6]$$

O pico do EPF e a integral do EPF por tempo durante a fase de apoio da corrida foram consideradas variáveis primárias de interesse relacionadas a cinética da articulação patelofemoral. A integração numérica trapezoidal acumulada foi utilizada para estimar a integral do EPF por tempo. Considerando que a corrida com maior frequência de passada envolveria um maior número de passos por km, o EPF acumulado para percorrer 1 km foi estimado pela multiplicação da média do EPF acumulado em 10 passos pelo número de passos necessários para correr esta distância.

### ***Análise estatística***

Os ângulos articulares do tronco e do membro inferior no plano sagital, os momentos articulares internos, o pico de EPF, e a integral do EPF por tempo, além das variáveis espaço-temporais foram comparadas entre o padrão de corrida habitual com retropé e as três técnicas de corrida (4 níveis) utilizando o teste de análise de variância (ANOVA) com contrastes

polinomiais e medidas repetidas. Para detecção das diferenças significantes ( $\alpha=0,05$ ), análise post hoc foi conduzida utilizando a correção de *Bonferroni*. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software SPSS versão 17.0 (SPSS Inc., Chicago, EUA). O tamanho dos efeitos foram determinados através do *eta-squared* ( $\eta^2_G$ ) generalizado como sugerido por Bakeman (2005), sendo que valores acima de 0,26 foram interpretados como grandes diferenças.

## RESULTADOS

---

Os resultados apresentados na **Tabela 2** revelam diferenças entre as técnicas de corrida e a não sobreposição dos efeitos de uma técnica sobre a outra. Durante a corrida com alteração no padrão de aterrissagem observou-se flexão plantar durante o contato inicial com o antepé na esteira de acordo com a análise proposta. A angulação do pé durante o contato na CAA foi significativamente diferente ( $P < 0,01$ ) quando comparada à corrida habitual com retropé, com a CFP10% e com a CFT. Embora os ângulos do pé durante o contato inicial para a CFP10% ( $P = 0,039$ ) e para a CFT ( $P = 0,020$ ) tenham sido significativamente diferentes da corrida habitual com retropé, os corredores exibiram dorsiflexão do tornozelo no contato inicial durante ambas condições de corrida.

**Tabela 2:** Média (desvio-padrão) das variáveis cinemáticas e espaço-temporais para cada condição de corrida.

	CHAB	CAA	CFP10%	CFT
<b>Ângulo do pé no contato inicial (graus): FP(-)/ DF(+)</b>	13,90 (4,58)	-6,87 (3,76)*	11,64 (5,13)*. <sup>α</sup>	15,36 (5,01)*. <sup>α, §</sup>
<b>Comprimento do passo (m)</b>	0,75 (0,07)	0,70 (0,06)*	0,68 (0,13)*	0,77 (0,07) <sup>α, §</sup>
<b>Frequência da passada (passos·minuto<sup>-1</sup>)</b>	172,20 (9,75)	173,60 (9,91)	188,20 (10,97)*. <sup>α, §</sup>	172,60 (9,73)
<b>Ângulo de flexão do tronco (°)</b>	5,32 (3,81)	4,88 (3,19)	5,45 (5,39)	13,29 (3,69)*. <sup>α, §</sup>

Abreviação: CHAB; Corrida habitual com retropé; CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com aumento de 10% na frequência da passada; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco; DF, Dorsiflexão; FP, Flexão plantar.

\* Diferença significativa em comparação à CHAB ( $P < 0,05$ )

<sup>α</sup> Diferença significativa em comparação à CAA ( $P < 0,05$ )

<sup>§</sup> Diferença significativa em comparação à CFP10% ( $P < 0,05$ )

A frequência da passada foi controlada durante todas as condições de corrida através do *feedback* auditivo. A CFP10% apresentou maior número de passos quando comparada à corrida habitual com retropé, à CAA e à CFT ( $P<0,01$ ). A CAA ( $P=0,09$ ) e a CFT ( $P=1,00$ ) não alteraram o número de passos quando comparadas ao padrão habitual de corrida.

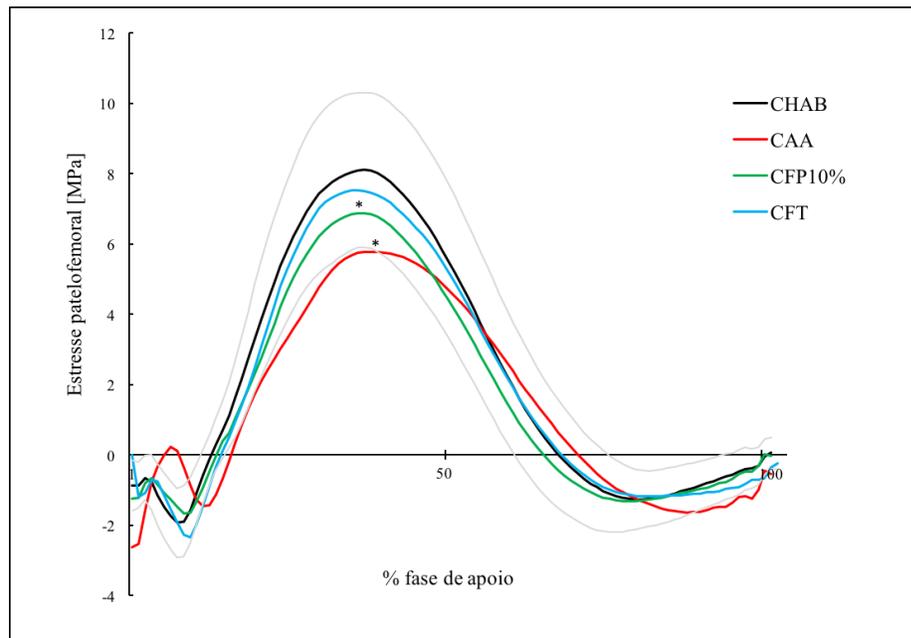
A CFT aumentou em  $7,97^\circ$  a angulação de flexão do tronco quando comparada ao padrão habitual de corrida ( $P<0,01$ ), sendo também significativamente diferente das técnicas com CAA ( $P<0,01$ ) e com CFP10% ( $P<0,01$ ). Nenhuma diferença foi encontrada entre as CAA e CFP10% quando comparadas à corrida habitual ( $P=1,00$ ) para o ângulo do tronco no plano sagital.

Os efeitos de cada condição de corrida no EPF e nas variáveis biomecânicas do membro inferior estão reportados na **Tabela 3**. A CAA quando comparada ao padrão habitual de corrida com o retropé resultou em uma redução significativa de 26,58% no pico de EPF ( $P<0,01$ ) (**Figura 1**), redução significativa da integral do EPF por tempo ( $P<0,01$ ) e da integral do EPF por tempo por km ( $P<0,01$ ). Esta técnica de corrida também resultou no aumento significativo do momento flexor plantar ( $P<0,01$ ), redução do pico de flexão do joelho ( $P<0,01$ ), redução do momento extensor do joelho ( $P<0,01$ ) e aumento de 8,84% ( $P<0,01$ ) no pico de FRS (**Figura 2, Tabela 3**) quando comparada ao padrão habitual de corrida com o retropé.

A corrida com aumento da frequência da passada resultou em redução significativa de 12,81% do pico de EPF ( $P<0,01$ ), da integral do EPF por tempo ( $P<0,01$ ) e da integral do EPF por tempo por km ( $P=0,001$ ). Não houve diferença significativa para o momento extensor do joelho ( $P=1,00$ ), apesar da redução significativa do pico de flexão do joelho

( $P < 0,01$ ) quando comparado à corrida habitual com retropé.

A corrida com aumento da flexão do tronco reduziu em 6,34% o pico de EPF, mas não atingiu significância estatística ( $P = 0,13$ ). Entretanto, houve redução significativa da integral do EPF por tempo por km ( $P = 0,04$ ) e aumento do momento extensor do quadril ( $P < 0,01$ ). Não foram observadas diferenças significativas no pico de flexão do joelho ( $P = 0,081$ ) ou no momento extensor do joelho ( $P = 0,113$ ) quando comparada à corrida habitual com o retropé



**Figura 1:** Estresse patelofemoral durante a fase de apoio para as quatro condições de corrida (média dos 20 participantes). CHAB; Corrida habitual com o retropé; CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com frequência da passada aumentada em 10%; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco. As linhas cinzas representam  $\pm 1$  DP da CHAB. \*Diferença significativa comparado à avaliação CHAB ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 3:** Média (desvio-padrão) estresse patelofemoral e variáveis biomecânicas para condição de corrida.

	CHAB	CAA	CFP10%	CFT	Tamanho do efeito
<b>Pico EPF fase de apoio (MPa)</b>	8.35 (2.32)	6.13 (2.70)*	7.28 (2.11)*, <sup>α</sup>	7.82 (2.26) <sup>α, §</sup>	0.51
<b>Integral do EPF pelo tempo (MPa·s)</b>	0.88 (0.27)	0.69 (0.30)*	0.71 (0.21)*	0.84 (0.27) <sup>α, §</sup>	0.51
<b>Integral do EPF pelo tempo por km (MPa·s)</b>	582.00 (156.25)	486.06 (195.14)*	502.86 (133.44)*	547.79 (156.84)*, <sup>α, §</sup>	0.33
<b>Número de passos por km</b>	673.08 (61.07)	719.18 (64.02)*	719.70 (67.71)*	658.45 (59.40) <sup>α, §</sup>	0.58
<b>Pico de flexão do joelho fase de apoio (graus)</b>	40.31 (4.91)	37.36 (5.69)*	37.30 (4.04)*	41.83 (4.32) <sup>α, §</sup>	0.50
<b>Pico momento extensor joelho fase de apoio (N·m·kg<sup>-1</sup>)</b>	1.62 (0.35)	1.21 (0.46)*	1.54 (0.26) <sup>α</sup>	1.53 (0.33) <sup>α</sup>	0.40
<b>Momento flexor plantar fase de apoio (N·m·kg<sup>-1</sup>)</b>	1.49 (0.18)	2.02 (0.20)*	1.50 (0.19) <sup>α</sup>	1.48 (0.19) <sup>α</sup>	0.82
<b>Momento extensor do quadril (N·m·kg<sup>-1</sup>)</b>	0.33 (0.16)	0.37 (0.20)	0.30 (0.18)	0.57 (0.15)*, <sup>α, §</sup>	0.47
<b>Pico FRS (peso corporal)</b>	2.26 (0.16)	2.46 (0.19)*	2.18 (0.42) <sup>α</sup>	2.19 (0.14) <sup>α</sup>	0.28

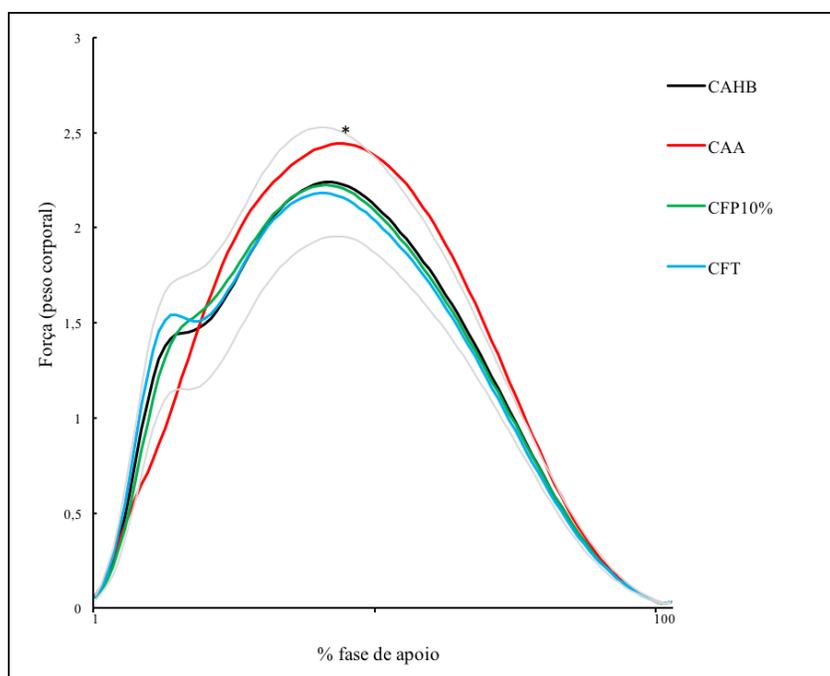
Abreviação: CHAB; Corrida habitual com retopé; CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com aumento de 10% na frequência da passada; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco; EPF, Estresse patelofemoral; FRS, Força de reação do solo.

\* Diferença significativa comparada à CHAB (P<0,05)

<sup>α</sup> Diferença significativa comparada à CAA(P <0,05)

<sup>§</sup> Diferença significativa comparada à CFP10% (P<0,05)

A corrida com aumento da flexão do tronco reduziu em 6,34% o pico de EPF, mas não atingiu significância estatística ( $P=0,13$ ). Entretanto, houve redução significativa da integral do EPF por tempo por km ( $P=0,04$ ) e aumento do momento extensor do quadril ( $P<0,01$ ). Não foram observadas diferenças significativas no pico de flexão do joelho ( $P=0,081$ ) ou no momento extensor do joelho ( $P=0,113$ ) quando comparada à corrida habitual com o retro pé.



**Figura 2:** Força de reação vertical do solo durante a fase de apoio para as quatro condições de corrida. CHAB; Corrida habitual com o retro pé; CAA, Corrida com aterrissagem com antepé; CFP10%, Corrida com frequência da passada aumentada em 10%; CFT, Corrida com aumento da flexão do tronco. As linhas cinzas representam  $\pm 1$  DP da CHAB. \*Diferença significativa comparado à avaliação CHAB ( $P<0,05$ ).

A comparação entre as técnicas de corrida mostrou diferença significativa no EPF. A corrida com aterrissagem com o antepé apresentou menor pico de EPF comparada à corrida com aumento da frequência da passada ( $P=0,007$ ). A corrida com aumento da flexão do

tronco resultou em maior pico de EPF, integral do EPF por tempo e integral do EPF por tempo por km quando comparada à corrida coma aterrissagem com o antepé ( $P=0.001$ ;  $P<0.01$ ;  $P<0.01$ ) e à corrida com aumento da frequência da passada ( $P=0.018$ ;  $P<0.01$ ;  $P=0.045$ ).

## DISCUSSÃO

---

O treinamento da técnica de corrida está se tornando uma opção comum no contexto clínico, a fim de melhorar a biomecânica do membro inferior durante a corrida (Agresta & Brown, 2015). Estudos prévios têm demonstrado que as corridas com aterrissagem com o antepé, com o aumento da frequência da passada e com flexão do tronco têm potencial para melhorar variáveis biomecânicas do membro inferior, inclusive a cinética da articulação patelofemoral (Kulmala *et al.*, 2013; Roper *et al.*, 2016; Teng & Powers, 2014; Vannatta & Kernozek, 2015; Willson *et al.*, 2014, 2015). O objetivo do presente estudo foi quantificar o EPF nessas três técnicas de corrida descritas, compará-las entre si e compará-las ao padrão habitual de corrida com o retropé, a fim de compreender as alterações que ocorrem no membro inferior durante tais execuções de corrida. Em geral, consistente com a hipótese inicial do estudo, as técnicas de corrida propostas resultaram em redução das variáveis de EPF quando comparadas ao padrão habitual de corrida com o retropé. Entretanto, diferente do que foi hipotetizado, a corrida com aterrissagem com o antepé se mostrou a condição mais eficaz na redução do EPF durante a corrida.

A corrida representa um padrão de movimento altamente repetitivo, com uma estimativa de mais de 1.000 passos a cada 6 minutos de corrida em uma velocidade confortável (dos Santos *et al.*, 2016). Considerando a natureza repetitiva da corrida de longa distância, a estimativa do EPF acumulado por km pode estar diretamente relacionada ao potencial risco de lesão dessa articulação. De acordo com o conhecimento dos autores, este foi o primeiro estudo que investigou as mudanças biomecânicas associadas a estas três alterações comuns do padrão de corrida em uma única amostra, utilizando o mesmo protocolo de avaliação em corredores recreacionais saudáveis. De modo geral, os resultados encontrados

mostram que a corrida com aterrissagem com o antepé, com o aumento da frequência da passada e com o aumento da flexão do tronco são eficazes na redução do EPF acumulado por km, no entanto, as mudanças no EPF são resultantes de diferentes mecanismos cinéticos e cinemáticos do membro inferior.

Em apoio à hipótese apresentada inicialmente pelo estudo, a corrida com aterrissagem com o antepé resultou em um maior momento flexor plantar durante a fase de apoio em comparação à corrida habitual com o retropé. Sabe-se que durante a primeira metade da fase de apoio, este padrão de aterrissagem resulta no deslocamento do centro de pressão anterior à articulação do tornozelo, o que resulta em uma maior força da musculatura flexora plantar para controlar o momento dorsiflexor resultante da FRS (Lieberman *et al.*, 2010). Além disso, esta técnica de corrida resultou em uma redução de 2,95° no pico de flexão do joelho, o qual está diretamente relacionado ao modelo do cálculo do EPF. A maior contribuição da articulação do tornozelo para absorver e dissipar a FRS durante a primeira metade da fase de apoio também foi observada por Williams *et al.* (2012). Essa alteração, juntamente com o menor pico de flexão do joelho pode explicar a redução de 25,30% do momento extensor do joelho e, conseqüentemente, esta técnica resultou no menor pico de EPF comparado ao padrão de corrida habitual com o retropé. Os resultados do presente estudo estão de acordo com resultados descritos previamente na literatura consultada (Kulmala *et al.*, 2013; Vannatta & Kernozek, 2015) e sugerem que a técnica de aterrissagem com o antepé pode atenuar o impacto transitório da FRS (Lieberman *et al.*, 2010). Entretanto, este padrão de aterrissagem aumenta a aceleração da tíbia durante o contato inicial (Laughton, Mcclay & Hamill, 2003) e, conseqüentemente, resulta em um maior pico ativo da FRS (**Figura 2**). Concomitantemente, a alteração do padrão de aterrissagem reduziu

significativamente o comprimento do passo em 5 cm e o tempo da fase de apoio em 0,05 segundos comparado ao padrão de corrida habitual no retropé. É possível que os corredores tenham adotado um maior deslocamento vertical do centro de massa durante a execução dessa técnica de corrida, o qual pode explicar o aumento de 8,84% do pico ativo da FRS, com resultados similares relatados previamente (Kulmala *et al.*, 2013; Vannatta & Kernozek, 2015).

Ao executar a corrida com frequência da passada 10% maior do que a corrida habitual, os corredores exibiram uma redução significativa no comprimento do passo, resultando no posicionamento do pé mais próximo à projeção do centro de massa corporal durante o contato inicial (Heiderscheit *et al.*, 2011). Essas alterações na mecânica da corrida podem explicar a redução de 3,01° no pico de flexão do joelho durante esta condição de corrida, quando comparada à corrida habitual com retropé. Entretanto, o presente estudo, não verificou redução significativa no momento extensor do joelho, resultado diferente do apresentado por Willson *et al.* (2014). De qualquer forma, com base no modelo utilizado para o cálculo do EPF, a redução do pico de flexão do joelho foi suficiente para reduzir significativamente o pico de EPF e, conseqüentemente, reduzir a integral do EPF por tempo e a integral do EPF por tempo por km em 13,59%.

A corrida com aumento da flexão do tronco resultou no aumento do momento extensor do quadril e na diminuição do momento extensor do joelho, resultando assim em menor EPF quando comparado à corrida habitual com o retropé. Durante essa condição de corrida, o pico do EPF foi 6,34% menor que a corrida habitual, resultado similar à de um estudo publicado recentemente por Teng & Powers (2014). Curiosamente, o aumento da flexão do tronco e as alterações mencionadas anteriormente em relação ao momento extensor

do quadril, resultaram em pequenas reduções não significativas no EPF. Entretanto, quando analisadas em relação ao efeito sobre o EPF acumulado por km, a técnica de corrida foi eficaz e reduziu significativamente esta variável. Portanto, nota-se a necessidade de pesquisas futuras para expandir o modelo de cálculo do EPF para uma possível inclusão de outros fatores, como o momento extensor do quadril, para melhor compreensão de tais resultados.

Embora as reduções relevantes do EPF tenham sido obtidas através de instruções simples para execução das três técnicas de corrida propostas pelo presente estudo, a sobrecarga das articulações distais e proximais ao joelho devem ser consideradas durante a execução de cada técnica de corrida. Por exemplo, os resultados deste estudo mostraram que houve um aumento de 35,57% do momento flexor plantar do tornozelo durante a corrida com aterrissagem com antepé. Tal resultado é suportado por Vannatta & Kernozek (2015) que também reportaram um aumento de 12% na força média do músculo gastrocnêmio e 29% de aumento da força do músculo sóleo durante a fase de contato na corrida com aterrissagem com o antepé. Além disso, durante a corrida com aumento da flexão do tronco, a média do momento extensor do quadril foi aumentada em 72,72%. Nota-se a importância de estudos prospectivos que investiguem as consequências a longo prazo do treinamento de corrida utilizando tais técnicas na tentativa de reduzir o EPF.

A comparação entre as técnicas de corrida identificou que a corrida com aterrissagem com o antepé foi a condição de corrida mais eficaz na redução da sobrecarga na articulação patelofemoral. Em comparação à corrida com aumento da frequência da passada, a alteração do padrão de aterrissagem reduziu em 18,76% o pico de EPF. Essa diferença foi ainda maior quando comparada à corrida com aumento da flexão do tronco (27,56% de redução). A eficácia da modificação do padrão de aterrissagem sobre a articulação

patelofemoral foi seguida pela corrida com aumento da frequência da passada, a qual apresentou 8% de redução na integral do EPF por tempo por km quando comparada à corrida com aumento da flexão do tronco. Esta informação pode ser útil na prática clínica, além de auxiliar técnicos e atletas na escolha da melhor técnica de corrida considerando a eficácia da técnica e a história prévia de lesão de cada corredor.

Algumas limitações devem ser consideradas durante a interpretação dos resultados do presente estudo. Primeiramente, o modelo biomecânico utilizado para estimar o EPF foi baseado em estudos prévios (Brechtler & Powers, 2002; Ho, Blanchette & Powers, 2012), porém o modelo é bidimensional e não considera os planos frontal e transversal de movimento. A área de contato patelar foi estimada a partir de dados preliminares (Powers, Lilley & Lee, 1998) e não foi considerada a co-contração dos músculos flexores do joelho, o que pode ter subestimado a força do quadríceps. Entretanto, acreditamos que tais limitações não influenciaram significativamente nas comparações entre técnicas nos resultados do presente estudo. A coleta de dados foi realizada na velocidade considerada como confortável para cada corredor e, assim, os resultados não devem ser generalizados e aplicados para maiores velocidades de corrida. Além disso, apenas os efeitos imediatos das três condições de corrida foram examinados, sendo que os corredores não foram instruídos a aprender e incorporar as técnicas de corrida aos seus treinos. Uma análise a longo prazo é necessária para confirmar se há continuidade dos efeitos benéficos das técnicas sobre o EPF. Finalmente, os participantes eram corredores saudáveis. Assim, futuras análises devem envolver corredores com DPF para confirmação de tais resultados nessa população.

## CONCLUSÃO

---

As três técnicas de corrida mostraram reduções no EPF da articulação patelofemoral em corredores saudáveis. As corridas com aterrissagem com o antepé, aumento da frequência da passada e aumento da flexão do tronco reduziram o EPF acumulado por km, com os melhores resultados apresentados nesta ordem. Essas técnicas de corrida podem ser recomendadas em programas de prevenção de lesão na articulação patelofemoral. Entretanto, apesar dos efeitos benéficos apresentados, os efeitos a longo prazo da alteração no padrão habitual de corrida na cinética patelofemoral e no membro inferior, além das análises dessas alterações em corredores com DPF ainda merecem consideração em estudos futuros.

## REFERÊNCIAS

---

**AGRESTA, C.; BROWN, A. Gait Retraining for Injured and Healthy Runners Using Augmented Feedback: A Systematic Literature Review.** The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. **45**, n. **8**, p. **576–84**, 2015.

**ALTMAN, A. R.; DAVIS, I. S. A kinematic method for footstrike pattern detection in barefoot and shod runners.** Gait & Posture, v. **35**, n. **2**, p. **298–300**, fev. 2012.

**BAKEMAN, R. Recommended effect size statistics for repeated measures designs.** Behavior research methods, v. **37**, n. **3**, p. **379–384**, 2005.

**BALDON, R. D. M.; LOBATO D, F. M.; CARVALHO, L. P.; WUN P, Y. L.; PRESOTTI, C. V.; SERRÃO, F. V. Relationships between eccentric hip isokinetic torque and functional performance.** Journal of Sport Rehabilitation, v. **21**, n. **1**, p. **26–33**, fev. 2012.

**BALDON, R. D. M.; SERRÃO, F. V.; SCATTONE SILVA, R.; PIVA, S. R. Effects of functional stabilization training on pain, function, and lower extremity biomechanics in women with patellofemoral pain: a randomized clinical trial.** The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. **44**, n. **4**, p. **240-A8**, abr. 2014.

**BARTON, C. J.; BONANNO, D. R.; CARR, J.; NEAL, B. S.; MALLIARAS, P.; FRANKLYN-MILLER, A.; MENZ, H. B. Running retraining to treat lower limb injuries: a mixed-methods study of current evidence synthesised with expert opinion.** British journal of sports medicine, v. **50**, n. **9**, p. **513–526**, 2016.

**BARTON, C. J.; LACK, S.; MALLIARAS, P.; MORRISSEY, D. Gluteal muscle activity and patellofemoral pain syndrome: a systematic review.** British journal of sports medicine, v. **47**, n. **4**, p. **207–14**, mar. 2013.

**BARTON, C. J.; LEVINGER, P.; CROSSLEY, K. M.; WEBSTER, K. E.; MENZ, H. B. The relationship between rearfoot, tibial and hip kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome.** Clinical Biomechanics, v. **27**, n. **7**, p. **702–705**, 2012.

**BENNETT, J. E.; REINKING, M. F.; RAUH, M. J. The relationship between isotonic plantar flexor endurance, navicular drop, and exercise-related leg pain in a cohort of collegiate cross-country runners.** International Journal of Sports Physical Therapy, v. **7**, n. **3**, p. **267–78**, jun. 2012.

**BINKLEY, J.; STRATFORD, P.; LOTT, S.; RIDDLE, D. The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): Scale Development , Measurement Properties , and Clinical Application.** Physical Therapy, v. **79**, p. **371–83**, 1999.

**BOLING, M. C.; BOLGLA, L. A; MATTACOLA, C. G.; UHL, T. L.; HOSEY, R. G. Outcomes of a weight-bearing rehabilitation program for patients diagnosed with patellofemoral pain syndrome.** Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, v. 87, n. 11, p. 1428–35, nov. 2006.

**BOLING, M.; PADUA, D.; CREIGHTON, R. Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patellofemoral pain.** Journal of Athletic Training, v. 44, n. 1, p. 7–13, 2009.

**BONACCI, J.; VICENZINO, B.; SPRATFORD, W.; COLLINS, P. Take your shoes off to reduce patellofemoral joint stress during running.** British Journal of Sports Medicine, v. 48, n. 6, p. 425–8, 2014.

**BRECHTER, J. H.; POWERS, C. M. Patellofemoral stress during walking in persons with and without patellofemoral pain.** Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 34, n. 10, p. 1582–93, out. 2002.

**BRINDLE, T. J.; MATTACOLA, C.; MCCRORY, J. Electromyographic changes in the gluteus medius during stair ascent and descent in subjects with anterior knee pain.** Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA, v. 11, n. 4, p. 244–51, jul. 2003.

**CAVANAGH, P. R.; LAFORTUNE, M. A. Ground reaction forces in distance running.** Journal of Biomechanics, v. 13, n. 5, p. 397–406, jan. 1980.

**CHEUNG, R. T. H.; DAVIS, I. S. Landing Pattern Modification to Improve Patellofemoral Pain in Runners: A Case Series.** Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, v. 41, n. 12, p. 914–919, 2011.

**CHUMANOV, E. S.; WILLE, C. M.; MICHALSKI, M. P.; HEIDERSCHEIT, B. C. Changes in muscle activation patterns when running step rate is increased.** Gait & Posture, v. 36, n. 2, p. 231–5, 16 mar. 2012.

**COWAN, S. M.; CROSSLEY, K. M. Does gender influence neuromotor control of the knee and hip?** Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology, v. 19, n. 2, p. 276–82, abr. 2009.

**CROSSLEY, K. M.; BENNELL, K. L.; COWAN, S. M.; GREEN, S. Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: which are reliable and valid?** Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, v. 85, n. 5, p. 815–22, maio 2004.

**CROSSLEY, K. M.; MIDDELKOOP, M. VAN; CALLAGHAN, M. J.; COLLINS, N. J.; RATHLEFF, M. S.; BARTON, C. J. 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).** British Journal of

Sports Medicine, p. **bjsports-2016-096268, 2016.**

**CROWELL, H. P.; DAVIS, I. S. Gait retraining to reduce lower extremity loading in runners.** *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, v. **26**, n. **1**, p. **78–83**, jan. 2011.

**CUNHA, R.; COSTA, L.; HESPANHOL JUNIOR, L.; PIRES, R.; KUJALA, U.; LOPES, A. 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. **332–9**, maio 2013.

**DAOUD, A. I.; GEISSLER, G. J.; WANG, F.; SARETSKY, J.; DAOUD, Y. A.; LIEBERMAN, D. E. Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study.** *Medicine and science in sports and exercise*, v. **44**, n. **7**, p. **1325–34**, jul. 2012.

**DAVIS, I. S.; POWERS, C. M. Patellofemoral pain syndrome: proximal, distal, and local factors, an international retreat, April 30-May 2, 2009, Fells Point, Baltimore, MD.** *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. **40**, n. **3**, p. **A1-16**, mar. 2010.

**DERRICK, T. R.; HAMILL, J.; CALDWELL, G. E. Energy absorption of impacts during running at various stride lengths.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. **30**, n. **1**, p. **128–35**, jan. 1998.

**DIERKS, T. A.; MANAL, K. T.; HAMILL, J.; DAVIS, I. S. Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run.** *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. **38**, n. **8**, p. **448–56**, ago. 2008.

**DOS-SANTOS, A. F.; NAKAGAWA, T. H.; NAKASHIMA, G. Y.; MACIEL, C. D.; SERRÃO, F. The Effects of Forefoot Striking, Increasing Step Rate, and Forward Trunk Lean Running on Trunk and Lower Limb Kinematics and Comfort.** *International Journal of Sports Medicine*, v. **37**, n. **5**, p. **369–373**, 2016.

**FELLIN, R. E.; ROSE, W. C.; ROYER, T. D.; DAVIS, I. S. Comparison of methods for kinematic identification of footstrike and toe-off during overground and treadmill running.** *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. **13**, n. **6**, p. **646–50**, nov. 2010.

**FERBER, R.; HRELJAC, A.; KENDALL, K. D. Suspected Mechanisms in the Cause of Overuse Running Injuries: A Clinical Review.** *Athletic Training*, v. **1**, n. **3**, p. **242–246**, 2009.

**FITZPATRICK, C. K.; BALDWIN, M. A.; RULLKOETTER, P. J. Computationally efficient finite element evaluation of natural patellofemoral mechanics.** *Journal of Biomechanical Engineering*, v. **132**, n. **12**, p. **121013**, 2010.

**FPA. Federação Paulista de Atletismo.** Accessed April 30, 2017, p. Available at: <http://www.vaicorrendo.com/news/pesq>, 2015.

**FULKERSON, J. P.; SHEA, K. P. Mechanical basis for patellofemoral pain and cartilage breakdown.** *In: EWING, J. W. (Ed.). . Articular Cartilage and Knee Joint Function: Basic Science and Arthroscopy.* New York: Raven Press: [s.n.]. p. 93–101.

**GIANDOLINI, M.; ARNAL, P. J.; MILLET, G. Y.; PEYROT, N.; SAMOZINO, P.; DUBOIS, B.; MORIN, J. B. Impact reduction during running: Efficiency of simple acute interventions in recreational runners.** *European Journal of Applied Physiology*, v. 113, n. 3, p. 599–609, 2013.

**GOLLHOFER, A.; KYRÖLÄINEN, H. Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions.** *International Journal of Sports Medicine*, v. 12, n. 1, p. 34–40, 1991.

**HAFER, J. F.; BROWN, A. M.; DEMILLE, P.; HILLSTROM, H. J.; GARBER, C. E. The effect of a cadence retraining protocol on running biomechanics and efficiency: a pilot study.** *Journal of Sports Sciences*, v. 33, n. 7, p. 724–31, 2015.

**HAMILL, J.; DERRICK, T. R.; HOLT, K. G. Shock attenuation and stride frequency during running.** *Human Movement Science*, v. 14, n. 1, p. 45–60, jun. 1995.

**HEIDERSCHEIT, B. C.; CHUMANOV, E. S.; MICHALSKI, M. P.; WILLE, C. M.; RYAN, M. B. Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 43, n. 2, p. 296–302, fev. 2011.

**HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures.** *Journal of Electromyography & Kinesiology*, v. 10, n. 5, p. 361–74, out. 2000.

**HEWETT, T. E.; MYER, G. D. The mechanistic connection between the trunk, hip, knee, and anterior cruciate ligament injury.** *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v. 39, n. 4, p. 161–6, out. 2011.

**HO, K. Y.; BLANCHETTE, M. G.; POWERS, C. M. The influence of heel height on patellofemoral joint kinetics during walking.** *Gait and Posture*, v. 36, n. 2, p. 271–275, 2012.

**HOBARA, H.; SATO, T.; SAKAGUCHI, M.; NAKAZAWA, K. Step frequency and lower extremity loading during running.** *International Journal of Sports Medicine*, v. 33, n. 4, p. 310–3, abr. 2012.

**HUBERTI, H. H. .; HAYES, W. C. Patellofemoral contact pressures. The**

**influence of q-angle and tendofemoral contact.** The Journal of Bone & Joint Surgery, v. 66, p. 715–24, 1984.

**IRELAND, M. L.; WILLSON, J. D.; BALLANTYNE, B. T.; DAVIS, I. M. Hip Strength in Females With and Without.** Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. 33, n. 11, p. 671–676, 2003.

**KERNOZEK, T. W.; VANNATTA, C. N.; BOGERT, A. J. VAN DEN.** Comparison of two methods of determining patellofemoral joint stress during dynamic activities. Gait & Posture, v. 42, n. 2, p. 218–222, jul. 2015.

**KUJALA, U. M.; JAAKKOLA, L. H.; KOSKINEN, S. K.; TAIMELA, S.; HURME, M.; NELIMARKKA, O.** Scoring of patellofemoral disorders. Arthroscopy, v. 9, n. 2, p. 159–163, 1993.

**KULMALA, J. P.; AVELA, J.; PASANEN, K.; PARKKARI, J.** Forefoot strikers exhibit lower running-induced knee loading than rearfoot strikers. Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 45, n. 12, p. 2306–13, dez. 2013.

**LARSON, P.; HIGGINS, E.; KAMINSKI, J.; DECKER, T.; PREBLE, J.; LYONS, D.; MCINTYRE, K.; NORMILE, A.** Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. Journal of sports sciences, v. 29, n. 15, p. 1665–73, dez. 2011.

**LAUGHTON, C. A. .; MCCLAY, I. S.; HAMILL, J.** Effect of strike pattern and orthotic intervention on tibial shock during running.pdf. Journal of Applied Biomechanics, v. 19, p. 153:168, 2003.

**LENHART, R. L.; THELEN, D. G.; WILLE, C. M.; CHUMANOV, E. S.; HEIDERSCHEIT, B. C.** Increasing running step rate reduces patellofemoral joint forces. Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 46, n. 3, p. 557–64, mar. 2014.

**LIEBERMAN, D. E.** What We Can Learn About Running from Barefoot Running. Exercise and Sport Sciences Reviews, v. 40, n. 2, p. 63–72, 2012.

**LIEBERMAN, D. E.; VENKADESAN, M.; WERBEL, W. A.; DAOUD, A. I.; D'ANDREA, S.; DAVIS, I. S.; MANG'ENI, R. O.; PITSILADIS, Y.** Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. Nature, v. 463, n. 7280, p. 531–535, 2010.

**MACERA, C. A.; PATE, R. R.; POWELL, K. E.; JACKSON, K. L.; KENDRICK, J. S.; CRAVEN, T. E.** Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. Archives of Internal Medicine, v. 149, n. 11, p. 2565–8, nov. 1989.

**METSAVAHT, L.; LEPORACE, G.; RIBERTO, M.; SPOSITO, M. M. M.; CASTILLO, L. N. C. DEL; OLIVEIRA, L. P.; BATISTA, L. A.** Translation and

**cross-cultural adaptation of the lower extremity functional scale into a Brazilian Portuguese version and validation on patients with knee injuries.** The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. 42, n. 11, p. 932–9, jan. 2012.

**NAKAGAWA, T. H.; MORIYA, E. T. U.; MACIEL, C. D.; SERRÃO, F. V. 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, 8 mar. 2012a.

\_\_\_\_\_. **Frontal plane biomechanics in males and females with and without patellofemoral pain.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 44, n. 9, p. 1747–55, set. 2012b.

**NAPIER, C.; COCHRANE, C. K.; TAUNTON, J. E.; HUNT, M. A. Gait modifications to change lower extremity gait biomechanics in runners: a systematic review.** Br J Sports Med, v. 49, n. 1, p. 1382–1388, 2015.

**NOEHREN, B.; HAMILL, J.; DAVIS, I. Prospective evidence for a hip etiology in patellofemoral pain.** Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 45, n. 6, p. 1120–4, jun. 2013.

**NOEHREN, B.; POHL, M. B.; SANCHEZ, Z.; CUNNINGHAM, T.; LATTERMANN, C. Proximal and distal kinematics in female runners with patellofemoral pain.** Clinical Biomechanics, v. 27, n. 4, p. 366–371, 2012.

**OJA, P.; TITZE, S.; KOKKO, S.; KUJALA, U. M.; HEINONEN, A.; KELLY, P.; KOSKI, P.; FOSTER, C. Health benefits of different sport disciplines for adults: systematic review of observational and intervention studies with meta-analysis.** British Journal of Sports Medicine, v. 49, n. 7, p. 434–40, 2015.

**PETERSEN, W.; ELLERMANN, A.; GÖSELE-KOPPENBURG, A.; BEST, R.; REMBITZKI, I. V.; BRÜGGEMANN, G.-P.; LIEBAU, C. Patellofemoral pain syndrome.** Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, v. 22, n. 10, p. 2264–2274, out. 2014.

**POWERS, C. M. The Influence of Altered Lower-Extremity Kinematics on Patellofemoral Joint Dysfunction : A Theoretical Perspective.** Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. 33, n. 11, p. 639–46, 2003.

\_\_\_\_\_. **The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective.** The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. 40, n. 2, p. 42–51, fev. 2010.

**POWERS, C. M.; HO, K.-Y.; CHEN, Y.-J.; SOUZA, R. B.; FARROKHI, S. Patellofemoral joint stress during weight-bearing and non-weight-bearing quadriceps exercises.** The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. 44, n. 5, p. 320–7, maio 2014.

**POWERS, C. M.; LILLEY, J. C.; LEE, T. Q.** The effects of axial and multi-plane loading of the extensor mechanism on the patellofemoral joint. *Clinical Biomechanics*, v. 13, n. 8, p. 616–624, 1998.

**RATHLEFF, M. S.; RATHLEFF, C. R.; CROSSLEY, K. M.; BARTON, C. J.** Is hip strength a risk factor for patellofemoral pain? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, p. [bjsports-2013-093305](https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093305), mar. 2014.

**ROBINSON, R. L.; NEE, R. J.** Analysis of Hip Strength in Females Seeking Physical Therapy Treatment for Unilateral Patellofemoral Pain Syndrome. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 37, n. 5, p. 232–8, maio 2007.

**ROPER, J. L.; HARDING, E. M.; DOERFLER, D.; DEXTER, J. G.; KRAVITZ, L.; DUFEK, J. S.; MERMIER, C. M.** The effects of gait retraining in runners with patellofemoral pain: A randomized trial. *Clinical Biomechanics*, v. 35, p. 14–22, 2016.

**RUNNING USA. Statistics and Research.** Accessed October 8, 2016, p. Available at: <http://www.runningusa.org/statistics>, 2015.

**RUNREPEAT. Research: Marathon Performance Across Nations.** Accessed October 10, 2016, p. Available at: <http://runrepeat.com/researchmaratho>, 2014.

**SCHUBERT, A. G.; KEMPF, J.; HEIDERSCHEIT, B. C.** Influence of stride frequency and length on running mechanics: a systematic review. *Athletic Training*, v. 6, n. 3, p. 210–7, 2014.

**SHIH, Y.; LIN, K.-L.; SHIANG, T.-Y.** Is the foot striking pattern more important than barefoot or shod conditions in running? *Gait & Posture*, v. 38, n. 3, p. 490–4, jul. 2013.

**SINCLAIR, J.; SELFE, J.** Sex differences in knee loading in recreational runners. *Journal of Biomechanics*, v. 48, n. 10, p. 2171–2175, jul. 2015.

**SOUZA, R. B.; DRAPER, C. E.; FREDERICSON, M.; POWERS, C. M.** Femur rotation and patellofemoral joint kinematics: a weight-bearing magnetic resonance imaging analysis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 40, n. 5, p. 277–285, maio 2010.

**SOUZA, R. B.; POWERS, C. M.** Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 39, n. 1, p. 12–19, jan. 2009a.

\_\_\_\_\_. Predictors of hip internal rotation during running: an evaluation of hip strength and femoral structure in women with and without patellofemoral pain.

The American journal of sports medicine, v. 37, n. 3, p. 579–87, mar. 2009b.

**State of the Sport - U.S. Road Race Trends.** Accessed March 23, 2017, p.  
<http://www.runningusa.org/state-of-sport-us-trends>, 2016.

**TAUNTON, J. E.; RYAN, M. B.; CLEMENT, D. B.; MCKENZIE, D. C.; LLOYD-SMITH, D. R.; ZUMBO, B. D. A prospective study of running injuries: the Vancouver Sun Run “In Training” clinics.** British Journal of Sports Medicine, v. 37, n. 3, p. 239–244, jun. 2003.

**TAUNTON, J. E.; RYAN, M. E.; CLEMENT, D. B.; MCKENZIE, D. C.; LLOYD-SMITH, D. R.; ZUMBO, B. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries.** British Journal of Sports Medicine, v. 36, n. 2, p. 95–101, 1 abr. 2002.

**TENG, H.-L.; MACLEOD, T. D.; LINK, T. M.; MAJUMDAR, S.; SOUZA, R. B. Higher Knee Flexion Moment During the Second Half of the Stance Phase of Gait is Associated With Magnetic Resonance Imaging Progression of Patellofemoral Joint Osteoarthritis.** Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, v. 45, n. 9, p. 1–32, 2015.

**TENG, H.-L.; POWERS, C. M. Sagittal plane trunk posture influences patellofemoral joint stress during running.** The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. 44, n. 10, p. 785–92, out. 2014.

**UTTING, M. R.; DAVIES, G.; NEWMAN, J. H. Is anterior knee pain a predisposing factor to patellofemoral osteoarthritis?** Knee, v. 12, n. 5, p. 362–365, 2005.

**VANEIJDEN, T. M. G. J.; KOUWENHOVEN, E.; VERBURG, J.; WEIJS, W. A. A mathematical model of the patellofemoral joint.** Journal of Biomechanics, v. 19, n. 3, p. 219–229, 1986.

**VANGENT, R. N.; SIEM, D.; VANMIDDELKOOP, M.; VANOS, A G.; BIERMA-ZEINSTR, S. M. A; KOES, B. W. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review.** British Journal of Sports Medicine, v. 41, n. 8, p. 469–80, ago. 2007.

**VANNATTA, C. N.; KERNOZEK, T. W. Patellofemoral joint stress during running with alterations in foot strike pattern.** Medicine and Science in Sports and Exercise, v. 47, n. 5, p. 1001–1008, maio 2015.

**WILLIAMS, D. S. B.; GREEN, D. H.; WURZINGER, B. Changes in lower extremity movement and power absorption during forefoot striking and barefoot running.** International Journal of Sports Physical Therapy, v. 7, n. 5, p. 525–32, 2012.

**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. 203–11, fev. 2008.

\_\_\_\_\_. **Lower extremity strength and mechanics during jumping in women with patellofemoral pain.** *Journal of Sport Rehabilitation*, v. 18, n. 1, p. 76–90, fev. 2009.

**WILLSON, J. D.; KERNOZEK, T. W.; ARNDT, R. L.; REZNICHEK, D. A; SCOTT STRAKER, J.** **Gluteal muscle activation during running in females with and without patellofemoral pain syndrome.** *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon), v. 26, n. 7, p. 735–40, ago. 2011.

**WILLSON, J. D.; RATCLIFF, O. M.; MEARDON, S. A.; WILLY, R. W.** **Influence of step length and landing pattern on patellofemoral joint kinetics during running.** *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, v. 25, n. 6, p. 736–743, 2015.

**WILLSON, J. D.; SHARPEE, R.; MEARDON, S. A.; KERNOZEK, T. W.** **Effects of step length on patellofemoral joint stress in female runners with and without patellofemoral pain.** *Clinical Biomechanics*, v. 29, n. 3, p. 243–247, 2014.

**WILLY, R. W.; MANAL, K. T.; WITVROUW, E. E.; DAVIS, I. S.** **Are mechanics different between male and female runners with patellofemoral pain?** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 44, n. 11, p. 2165–2171, 2012.

**WILLY, R. W.; SCHOLZ, J. P.; DAVIS, I. S.** **Mirror gait retraining for the treatment of patellofemoral pain in female runners.** *Clinical Biomechanics*, v. 27, n. 10, p. 1045–1051, 2012.

**WITVROUW, E.; CALLAGHAN, M. J.; STEFANIK, J. J.; NOEHREN, B.; BAZETT-JONES, D. M.; WILLSON, J. D.; EARL-BOEHM, J. E.; DAVIS, I. S.; POWERS, C. M.; MCCONNELL, J.; CROSSLEY, K. M.** **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 Biomechanical Engineering*, v. 35, p. 543–548, 2002.

**ZAZULAK, B.; PONCE, P.; STRAUB, S.; MEDVECKY, M.; AVEDISIAN, L.; HEWETT, T.** **Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing.** *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, v. 35, n. 5, p. 292–9, 2005.

**ZENI, J. A.; RICHARDS, J. G.; HIGGINSON, J. S.** **Two simple methods for determining gait events during treadmill and overground walking using kinematic data.** *Gait and Posture*, v. 27, n. 4, p. 710–714, 2008.

**ZHANG, S.; BATES, B. T.; DUFEK, J. S. Contributions of lower extremity joints to energy dissipation during landings. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 32, n. 4, p. 812–9, 2000.**

## Apêndice I

---

### FICHA DE AVALIAÇÃO FÍSICA

**Voluntário Número:** \_\_\_\_\_

Data da avaliação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Examinador: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos Tamanho calçado: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_ kg Altura: \_\_\_\_\_ m IMC: \_\_\_\_\_ Kg/m<sup>2</sup>

Corrida: \_\_\_\_\_ km/semana Frequência/Tempo: \_\_\_\_\_

Padrão de aterrissagem durante a corrida: \_\_\_\_\_

Outra atividade física: ( ) Não ( ) Sim Modalidade: \_\_\_\_\_

Frequência/Tempo: \_\_\_\_\_

Dominância: ( ) D ( ) E

H.P./H.A: Questionar ao voluntário sobre possíveis lesões e/ou traumas envolvendo o sistema ósteo-mio-articular, recentes e/ou pregressas: \_\_\_\_\_

Faz uso de algum medicamento? ( ) Não ( ) Sim Qual? \_\_\_\_\_

Realizou alguma cirurgia prévia nos membros inferiores? ( ) Não ( ) Sim

Onde: \_\_\_\_\_

História de lesão ou trauma na articulação do joelho? ( ) Não ( ) Sim

Qual? \_\_\_\_\_

Presença de dor na articulação do joelho ou em alguma parte do corpo? ( ) Não ( ) Sim

Local? \_\_\_\_\_

Presença de dor na articulação patelofemoral no último mês?

( ) Não ( ) Sim ( ) Difusa ( ) Localizada

Dor patelofemoral: ( ) Bilateral ( ) Unilateral ( ) Direito ( ) Esquerdo

Presença de doença cardiovascular, respiratória, vestibular, neurológica ou metabólica?

( ) Não ( ) Sim Qual? \_\_\_\_\_

Presença de dor no joelho e/ou quadril em atividades funcionais:

( ) Agachamento por tempo prolongado ( ) Permanecer muito tempo sentado

( ) Subir ou descer escadas ( ) Contração isométrica do quadríceps

( ) Ajoelhar-se ( ) Correr

( ) Praticar esporte

**AVALIAÇÃO POSTURAL:**

<b>VISTA ANTERIOR</b>	
<b>VISTA POSTERIOR</b>	
<b>VISTA LATERAL</b>	

**DECÚBITO DORSAL:**

	<b>Membro Inferior Direito</b>	<b>Membro Inferior Esquerdo</b>
Medida Real (cm)		
Medida Aparente (cm)		

**JOELHO:**

<b>Testes especiais</b>	<b>Joelho Direito</b>	<b>Joelho Esquerdo</b>
Gaveta anterior	- rotação neutra:	- rotação neutra
Gaveta posterior	- rotação neutra: - rotação medial:	- rotação neutra: - rotação medial:
Lachman		
McMurray		

**PATELA:**

	<b>Patela Direita</b>	<b>Patela Esquerda</b>
	( ) Normal ( ) Hipermóvel ( ) Hipomóvel	( ) Normal ( ) Hipermóvel ( ) Hipomóvel
	( ) Medializada ( ) Lateralizada	( ) Medializada ( ) Lateralizada
Palpação das facetas/bordas	( ) Medial ( ) Lateral ( ) Superior ( ) Inferior	( ) Medial ( ) Lateral ( ) Superior ( ) Inferior
Apreensão		
Compressão (Clarck)		

Presença de derrame		
Crepitação		
<b>Palpação</b>	<b>Membro Inferior Direito</b>	<b>Membro Inferior Esquerdo</b>
Retináculo Medial		
Retináculo Lateral		
Tendão Patelar		
Tendão Tratoilitibial		
Tendão Pata de Ganso		

<b>Prova de retração muscular</b>	<b>Membro Inferior Direito</b>	<b>Membro Inferior Esquerdo</b>
Gastrocnêmio		
Isquiotibiais		
Prova de Thomas	( ) reto femoral ( ) iliopsoas	( ) reto femoral ( ) iliopsoas
Teste de Ober		

**DECÚBITO VENTRAL:**

Teste de Appley: ( ) D ( ) E

**SENTADO:**

	<b>Membro Inferior Direito</b>	<b>Membro Inferior Esquerdo</b>
Stress valgo		
Stress varo		



### TERMO DE CONSETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título do Projeto: Efeitos da modificação na técnica de corrida na cinemática e ativação muscular dos membros inferiores em corredores com e sem dor patelofemoral**

**Responsáveis:** Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão – Departamento de Fisioterapia – UFSCar

Ft. Ms. Ana Flávia dos Santos – Aluna de Pós-Graduação em Fisioterapia – PPGFt

USFCar

Eu, \_\_\_\_\_, RG n.º \_\_\_\_\_,  
residente à \_\_\_\_\_, n.º \_\_\_\_\_, bairro  
\_\_\_\_\_, na cidade de \_\_\_\_\_, estado de  
\_\_\_\_\_, declaro ser conhecedor das condições sob as quais me submeterei no  
experimento acima citado, detalhado a seguir:

**Os objetivos desse estudo são:** avaliar e comparar o efeito imediato da modificação entre três técnicas de corrida (aterriçamento do antepé ao solo; aumento de 10% na taxa de passo e; corrida com aumento da flexão de tronco) sobre a cinemática de tronco e membro inferior, atividade elétrica do membro inferior e a avaliação subjetiva da dor e conforto em corredores saudáveis e portadores da dor patelofemoral (DPF), além da avaliação dos efeitos de um treinamento supervisionado utilizando três técnicas de corrida na cinemática e ativação muscular do membro inferior e tronco e os efeitos desse treinamento nas variáveis clínicas (dor, limitação de função e percepção de conforto) em corredores com DPF;

- a) Inicialmente, serei submetido(a) a uma avaliação física, segundo a ficha de avaliação específica desse trabalho, para minha inclusão (ou não) no presente estudo.
- b) Se selecionado(a), realizarei primeiramente a familiarização das atividades que serão posteriormente executadas durante a avaliação. Inicialmente será solicitado que eu execute a corrida em velocidade confortável em uma esteira ergométrica durante 1 minuto, após isso, a corrida será

modificada, utilizando 3 técnicas de corrida em ordem aleatória: aterrissagem do antepé, aumento 10% na taxa de passo e corrida com aumento de flexão de tronco, todas as técnicas deverão ser mantidas por no mínimo de 1 minuto, e entre cada técnica haverá um tempo de descanso de 2 minutos, onde permanecerei andando a uma velocidade de 4,5 km/h. Após a familiarização, a avaliação propriamente dita, composta pelas avaliações cinemática (avaliação dos movimentos), eletromiográfica (avaliação da atividade elétrica dos músculos, não invasiva) e avaliação de dor e conforto será realizada em até 3 dias, tal como a familiarização. Caso eu apresente dor anterior no joelho previamente às avaliações, será proposto um treino com a duração de 2 semanas (4 sessões/semana) onde será treinada uma das 3 técnicas de corrida (aleatoriamente) e após o período de treino, uma nova avaliação biomecânica será realizada. Neste período, todas as variáveis clínicas também serão monitoradas. Todas as sessões serão realizadas no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos. Sendo que sua participação não é obrigatória.

c) Sei que essas avaliações fornecerão maiores informações sobre os efeitos de diferentes técnicas de corrida sobre a biomecânica e comportamento da dor e conforto em corredores saudáveis e com DPF. Essas novas informações ajudarão na elaboração de outros novos estudos sobre o tema e poderão beneficiar diretamente a atenção fisioterapêutica primária e secundária, em relação à prevenção e ao tratamento de lesões do joelho em corredores.

d) Sei que os resultados das avaliações cinemática, eletromiográfica e de dor e conforto, e possivelmente após o treinamento na técnica de corrida, serão disponibilizados e esclarecidos para mim, ao final de minha participação neste estudo.

e) Minha identidade será preservada em todas as situações que envolvam discussão, apresentação ou publicação dos resultados da pesquisa, a menos que haja uma manifestação de minha parte por escrito, autorizando tal procedimento.

f) Minha participação no presente estudo é estritamente voluntária. Sendo que não receberei qualquer forma de remuneração pela participação no experimento, e os resultados obtidos serão propriedades exclusivas dos pesquisadores, podendo ser divulgados de qualquer forma, a critério dos mesmos.

g) Estou ciente de que os riscos aos quais estarei exposto serão mínimos. Entretanto, as avaliações do presente experimento poderão ou não provocar uma possível dor muscular devido ao esforço físico realizado. Embora exista a possibilidade de ocorrência de pequena dor muscular (imediate ou tardia) devido alguma etapa da avaliação, a dor terá condições de ser bem suportada, pois se assemelha àquela decorrente de qualquer prática inicial de exercícios de força e resistência muscular. Participarei das avaliações de acordo com os meus limites físicos, sempre respeitados pelos pesquisadores.

h) Minha participação no presente estudo envolve riscos mínimos de lesões. Mesmo assim, no caso de ocorrerem riscos não previstos e, caso seja necessário, os próprios pesquisadores se responsabilizam pelas condutas de primeiros socorros ou qualquer tipo de avaliação fisioterapêutica como resultado de dano físico. Se constatados danos de maior gravidade, os pesquisadores se responsabilizam em acompanhar-me a um médico, para a realização do tratamento adequado.

i) Caso eu apresente dor anterior no joelho e faça parte do grupo de indivíduos sintomáticos e, após o treinamento da técnica de corrida meus sintomas persistirem, o grupo de pesquisa se responsabiliza pelo encaminhamento ao serviço de Fisioterapia desta Universidade (Unidade Saúde-Escola –USE) para minha reabilitação, além de fornecer orientações referentes à minha lesão e execução de um treinamento preventivo para futuras lesões.

j) Não haverá qualquer tipo de comparação direta ou indireta, na minha presença, de meu desempenho com o de outros voluntários do estudo. Além disso, as avaliações serão realizadas em locais reservados, sem observadores externos ao Projeto, para garantir maior privacidade. Por fim,

minha participação neste estudo obedecerá rigorosamente a minha disponibilidade de horários livres, para tanto, em nenhuma hipótese será solicitado que eu abra mão de algum compromisso ou atividade social para a minha participação no mesmo.

k) Minha participação nesse estudo é estritamente voluntária. A minha recusa em participar de qualquer procedimento não me trará qualquer prejuízo, estando livre para abandonar o experimento a qualquer momento em que achar necessário.

Se houver qualquer questionamento neste momento ou futuramente, por favor, pergunte ao avaliador.

Eu li e entendi todas as informações contidas neste documento, assim como as da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

São Carlos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

---

**Assinatura da voluntário(a)**

### **Responsáveis:**

---

**Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão**  
**Orientador e Coordenador do Projeto**

---

**Ft. Ms. Ana Flávia dos Santos**  
**Aluna de Pós-Graduação em Fisioterapia - PPGFt UFScar**



## Participant Informed Consent

**TITLE:** Patellofemoral joint stress and vertical loading rates during forefoot striking, increasing step rate, and forward trunk lean running

**SPONSOR:** Research Internship Abroad (BEPE) from São Paulo Research Foundation (FAPESP), Brazil (Process 2015/20306-2)

**INVESTIGATORS:**

***PRINCIPAL INVESTIGATOR:***

Reed Ferber, Ph.D., ATC

Associate Professor, Faculties of Kinesiology and Nursing, University of Calgary

Phone: (403) 210-6468

Email: [rferber@ucalgary.ca](mailto:rferber@ucalgary.ca)

***CO-INVESTIGATOR:***

Ana Flávia dos Santos, M.S.

Visiting Student Researcher, Faculty of Kinesiology, University of Calgary

Phone: (403) 589-5271

Email: [ana.dossantos@ucalgary.ca](mailto:ana.dossantos@ucalgary.ca)

---

This consent form is only part of the process of informed consent. It should give you the basic idea of what the research is about and what your participation will involve. If you would like more detail about something mentioned here, or information not included here, please ask. Take the time to read this carefully and to understand any accompanying information. You will receive a copy of this form.

The University of Calgary Conjoint Faculties Research Ethics Board has approved this research study.

### **BACKGROUND**

The number of runners has increased over the world in recent years. Every year, up to 70% of runners related some musculoskeletal injury. It is known that a half of injuries that occur as a result of this activity involve the knee joint and, Patellofemoral Pain is the most common injury. Recently, some running technique modifications (landing with the forefoot on the ground, increasing 10% of the step rate (steps/minute) and increasing the forward trunk lean) showed potential to reduce the vertical impact loading rates, the demand on the knee joint and the patellofemoral joint stress. However, no study had evaluated these effects during the same protocol. Fifteen recreational healthy runners will be evaluated using an instrumented treadmill.

### **WHAT IS THE PURPOSE OF THE STUDY?**

Ethics ID:

Study Title: Patellofemoral joint stress and vertical loading rates during forefoot striking, increasing step rate, and forward trunk lean running

PI:

Version number/date:

Page *expressed as* X of Y

*CHREB Template last edited March 2015*

**Our purpose is to analyze the immediate effects of 3 running techniques: 1) landing with the forefoot on the ground, 2) increasing 10% of the step rate (steps/minute) and 3) increasing the trunk flexion in some kinetic variables (the vertical impact peak, average vertical loading rate, knee extensor moment, knee adduction moment, hip abduction moment) and on the patellofemoral joint stress in healthy runners.**

#### **WHAT WOULD I HAVE TO DO?**

**Demographic Assessment/What Type of Personal Information Will Be Collected? You will be asked to provide information on your background demographics (gender, age, weight and height), physical activity habits, especially about your running training characteristics (years of experience and weekly distance). It is estimated this process will take 15 minutes. No personal identifying information will be kept after this study, and all participants shall remain anonymous. Your name and contact information (phone number and email) will be collected only in order to schedule the assessment sessions or to inform you about sudden changes in the schedule.**

**Data Collection: The protocol assessment is composed by 2 sessions: familiarization (session 1, duration: 40 min) and the data collection (session 2, duration: 90 min).**

**The session 1 will start with a warm-up (walk during 5-minute at 1.38 m.s-1) on an instrumented treadmill (Bertec, Columbus, OH, USA). In sequence, you will be instructed to start running at your comfortable speed (your usual running). After that, 3 running techniques will be performed correctly for a minimum of 1 min separated by 2 min of rest (walking at 1.38 m.s-1). The 3 techniques are: 1) landing with the forefoot on the ground, 2) increasing 10% of the step rate (steps/minute) and, 3) increasing the forward trunk lean. Verbal instructions will be provide to ensure that the technique execution is correctly. The velocity established during usual running will not alter in the other three conditions. All participants will be using a neutral, conventional running shoes (Pegasus, Nike, Beaverton, USA) with your appropriate size. The order of the three running techniques will be randomized.**

**The kinematic and kinetic data will be collected during session 2. At first, passive reflective markers will be placed on your feet, thighs, shanks, pelvis and trunk so that the Investigators can record your biomechanical variables. Before start the running trials, a static trail will be taken in the standing position. The order of running techniques execution will follow the random order established during session 1. After the correct execution and maintenance of each running technique for 1 minute, 30 seconds samplings of data will be performed. All data will be collected bilaterally.**

#### **DOES THE SUBJECT HAVE TO PARTICIPATE?**

**Your participation in this study is completely voluntary and you may refuse to participate altogether or in parts of the study. You may also decline to answer any and all questions, and may withdraw from the study at any time without any penalty. The participation in this study will not influence your running performance in any way. If you choose to withdraw your participation, please inform Dr. Ferber or his research assistant in one of three ways: 1) in person at the University of Calgary, 2) by calling 403-210-6468, or 3) via e-mail at: [rferber@ucalgary.ca](mailto:rferber@ucalgary.ca)**

#### **WHAT ARE THE RISKS?**

**There are no anticipated risks or side effects. The risks that you will be exposed are minimal. You may experience a possible muscle pain during or after performing the running data collection, but no more than would be expected with any other form of physical activity. The outcome**

**Ethics ID:**

**Study Title: Patellofemoral joint stress and vertical loading rates during forefoot striking, increasing step rate, and forward trunk lean running**

**PI:**

**Version number/date:**

**Page *expressed as* X of Y**

***CHREB Template last edited March 2015***

measurements described above will be done under close supervision and every effort will be made to ensure your safety. You will participate in the evaluations according to your physical limits.

**STUDY BENEFITS:**

There are no direct benefits for you in this study. However, this study may help to improve the understanding of how these three running techniques can affect the demand on the knee joint, especially on the Patellofemoral joint. This information can also help to provide future recommendations to better describe the running training and injury prevention or rehabilitation programs.

**WHAT HAPPENS TO THE INFORMATION I PROVIDE?**

Your information will be kept confidential and secure. This consent document will be stored electronically on a password protected computer and hard copies will be kept in a locked cabinet, both accessible only to Dr. Ferber and assigned study personnel. Your information will be temporarily stored on a computer before being transferred to a secure network drive. No personal information will be permanently stored on the computer. You will be identified by a study number and after the completion of the data collection all personal information will be destroyed.

**IF THE SUBJECT SUFFERS A RESEARCH-RELATED INJURY, WILL WE BE COMPENSATED?**

In the event that the participant suffers injury as a result of participating in this research, no compensation will be provided to the subject by The São Paulo Research Foundation, the University of Calgary, Alberta Health Services or the Researchers. The research subject still has all their legal rights. Nothing said in this consent form alters their right to seek damages.

---

**Signatures**

Your signature on this form indicates that 1) you understand to your satisfaction the information provided to you about your participation in this research project, and 2) you agree to participate in the research project. In no way does this waive your legal rights nor release the investigators, sponsors, or involved institutions from their legal and professional responsibilities. You are free to withdraw from this research project at any time. You should feel free to ask for clarification or new information throughout your participation.

**If you have further questions concerning matters related to this research, please contact:**

**Ethics ID:**

**Study Title: Patellofemoral joint stress and vertical loading rates during forefoot striking, increasing step rate, and forward trunk lean running**

**PI:**

**Version number/date:**

**Page *expressed as* X of Y**

***CHREB Template last edited March 2015***

Ana Flávia dos Santos / (403)589-5271 / [ana.dossantos@ucalgary.ca](mailto:ana.dossantos@ucalgary.ca)

OR

Dr. Ferber / (403)210-6468 / [rferber@ucalgary.ca](mailto:rferber@ucalgary.ca)

Participant's Name: (please print) \_\_\_\_\_

Participant's Signature: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

Researcher's Name: (please print) \_\_\_\_\_

Researcher's Signature: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

The University of Calgary Conjoint Health Research Ethics Board has approved this research study.

If you have any concerns about the way you've been treated as a participant, please contact the Research Ethics Analyst, Research Services Office, University of Calgary at (403) 210-9863; email [cfreb@ucalgary.ca](mailto:cfreb@ucalgary.ca).

A copy of this consent form has been given to you to keep for your records and reference. The investigator has kept a copy of the consent form.

Ethics ID:

Study Title: Patellofemoral joint stress and vertical loading rates during forefoot striking, increasing step rate, and forward trunk lean running

PI:

Version number/date:

Page *expressed as* X of Y

*CHREB Template last edited March 2015*

## Anexo I

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS/UFSCAR



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Efeitos da modificação da técnica de corrida na cinemática e ativação muscular dos membros inferiores em corredores com e sem dor patelofemoral

**Pesquisador:** Fábio Viadanna Serrão

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 32509514.1.0000.5504

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

**Patrocinador Principal:** MINISTERIO DA EDUCACAO

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 735.596

**Data da Relatoria:** 08/07/2014

#### Apresentação do Projeto:

Projeto muito bem documentado com os objetivos alinhados com a literatura e com a metodologia proposta. Os riscos e benefícios estão bem estabelecidos em todos os documentos apresentados que estão escritos e forma bastante clara.

#### Objetivo da Pesquisa:

Objetivos bem definidos que tem como intuito auxiliar no desenvolvimento de programas de treinamento, tratamento e prevenção de lesões no membro inferior para uma população cada vez mais crescente de atletas.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Bem definidos

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa muito interessante que visa entender como modificações na técnica de corrida na prevenção de lesões.

#### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados

*tel:*

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9683

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br

Continuação do Parecer: 735.596

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Projeto aprovado.

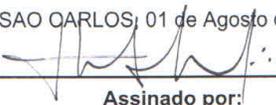
**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO CARLOS, 01 de Agosto de 2014

  
Assinado por:  
Ricardo Carneiro Borella  
(Coordenador)

*Afonso de André Sobrinho*  
Secretário Executivo  
ProPq/UFSCar

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br



**Ensaios Clínicos**

usuário: ana\_flavia\_dos\_santos    sessões: 001    pontos: 000    Perfil: Perfil

SAR 

---

NOTÍCIAS | SOBRE | AJUDA | CONTATO

PT | ES | EN

Buscar ensaios

[BUSCA AVANÇADA](#)

---

[HOME](#) / [BANKS REGISTRADOS](#) /

**RBR-5q5nz4**  
**Efeitos da Modificação da Técnica de Corrida na cinemática e ativação muscular dos membros inferiores em corredores com e sem Dor Patelofemoral**  
 Data de registro: 3 de Set. de 2014 às 17:28  
 Last Update: 23 de Fev. de 2015 às 15:30

**Tipo do estudo:**  
 Intervenções

**Título científico:**

PT-BR

Efeitos da Modificação da Técnica de Corrida na cinemática e ativação muscular dos membros inferiores em corredores com e sem Dor Patelofemoral

EN

Effects of Running Technique Modification on lower limb kinematics and muscle activation in runners with and without Patellofemoral Pain

**Identificação do ensaio**

Número do UTM: U1111-1161-1780

**Título público:**

PT-BR

Efeitos da modificação da técnica de corrida

EN

Effects of running technique modification

**Acróimo científico:**

**Acróimo público:**

**Identificadores secundários:**  
 CAAE: 3.25099/14.1.0000.3504  
 Órgão emissor: Plataforma Brasil  
 CEP: 73.5.596  
 Órgão emissor: Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos

**Patrocinadores**

**Patrocinador primário:** Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

**Patrocinadores secundários:**  
 Instituição: Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

**Fontes de apoio financeiro ou material:**  
 Instituição: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

**Condições de saúde**

**Condições de saúde ou problemas:**

<http://www.ensaiosclinicos.gov.br/rg/RBR-5q5nz4/>

1/5

Dor patelofemoral. PT-BR	Patellofemoral pain. EN
--------------------------	-------------------------

**Descritores gerais para as condições de saúde:**

C05: Doenças musculoesqueléticas PT-BR	C05: Enfermedades musculoesqueléticas ES	C05: Musculoskeletal diseases EN
M00-M99: XIII - Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo PT-BR	M00-M99: XII - Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue EN	

**Descritores específicos para as condições de saúde:**

C05.182.100: Condromalácia da Patela PT-BR	C05.182.100: Condromalacia de la Rótula ES	C05.182.100: Chondromalacia Patellae EN
M22.2: Traumatismos femoropatelares PT-BR	M22.2: Traumatismos rotulofemorales ES	M22.2: Patellofemoral disorders EN

**Intervenções**Categorias das intervenções

Other

**Intervenções:**

<p><b>Grupo intervenção:</b> 30 corredores com dor patelofemoral que receberão treinamento em 3 diferentes técnicas de corrida; esses serão divididos em 3 subgrupos (subgrupo 1: 10 corredores treinarão a técnica 1 - corrida com aterrissagem inclinada no antepé, subgrupo 2: 10 corredores treinarão a técnica 2 - corrida com maior número de passos, subgrupo 3: 10 corredores treinarão a técnica 3 - corrida com flexão de tronco), o treinamento será realizado em esteira ergométrica, supervisionado e composto de 8 sessões (4 sessões/semana por 2 semanas). Grupo controle: 30 corredores saudáveis, sem tratamento.</p>	<p><b>Intervention group:</b> 30 runners with patellofemoral pain that will receive training in three different racing techniques; these will be divided into 3 subgroups (10 runners train the technical one - race with landing initiated in the forefoot, 10 runners will train the technical 2 - Race with the highest number of steps, 10 runners will train technical 3 - race with trunk flexion), the training will be performed on a treadmill, supervised and consists of 8 sessions (4 sessions / week for 2 weeks). Control group: 30 healthy runners with out treatment.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Descritores para as intervenções:**

G11.427.590.530.568.610: Corrida PT-BR	G11.427.590.530.568.610: Carrera ES
----------------------------------------	-------------------------------------

**Recrutamento**

Situação de recrutamento: Not yet recruiting

País de recrutamento

Brazil

Data prevista do primeiro recrutamento: 2015-03-10

Data prevista do último recrutamento: 2015-12-10

Tamanho da amostra alvo:	Gênero para Inclusão:	Idade mínima para inclusão:	Idade máxima para inclusão:
60	-	18 Y	35 Y

## Critérios de inclusão:

**PT-BR**

Homens e mulheres corredores; idade entre 18 a 35 anos; com experiência prévia em corrida em esteira ergométrica; experiência mínima de três meses no esporte; correndo nos no mínimo 20 km por semana; além de utilizarem padrão de aterrissagem com o retopé durante a corrida habitual. Apresentarem dor anterior ou retro patelar pelo menos três das seguintes atividades subida ou descida escada; agachamento; corrida; ajoelhar-se; saltos e após permanecer sentado por longos períodos; início insidioso dos sintomas; sem relação a incidente traumático e persistente há no mínimo três meses durante a atividade de corrida; presença de dor à compressão patelar e dor usual na última semana de no mínimo 3 cm na escala análoga visual de 10 cm.

**EN**

Rearfootstrikers, familiar with treadmill running and run a minimum of 20 km/wk at least 3 months prior to study enrollment

All must have previous anterior or retro patellar pain in at least three of these activities: up/down stairs, squatting, running, kneeling, jumping and after seated for long periods; insidious onset of symptoms unrelated to traumatic incident and persistent for at least three months during the running activity; presence of pain after patellar compression and usual pain in the last week of at least 3 cm on the visual analog scale of 10 cm.

## Critérios de exclusão:

**PT-BR**

Apresentar sinais ou sintomas de patologias meniscais ou intra-articulares; lesões ligamentares prévias na articulação do joelho; fratura ligamentar; sinal de apreensão patelar; síndrome de Osgood-Schlatter ou Sinding-Larsen-Johansson; dor em coluna lombar, quadril, tornozelo; deslocamento patelar prévio; e violência de efusão articular de joelho; história de cirurgia no membro inferior; alterações cardiovasculares reportadas ou comprometimento neurológico com influência na marcha.

**EN**

Signs or symptoms of meniscal or intra-articular pathology; previous knee joint ligament injuries; ligamentous laxity; sign of patellar apprehension; Osgood-Schlatter or Sinding-Larsen-Johansson syndrome; lumbar spine, hip or ankle pain; prior patellar dislocation; evidence of knee joint effusion; lower limb surgery; cardiovascular or neurological diseases.

## Tipo do estudo

## Desenho do estudo:

**PT-BR**

Ensaio clínico de tratamento, randomizado, controlado, paralelo, aberto, com 4 braços.

**EN**

Clinical trial of treatment, randomized, controlled, parallel, open, with 4 arms.

Programa de acesso expandido	Enfoque do estudo	Desenho da intervenção	Número de braços	Tipo de mascaramento	Tipo de alocação	Fase do estudo
None	Treatment	Parallel	4	Open	Randomized/controlled	IIA

## Desfechos

## Desfechos primários:

PT-BR	<p><b>Cineática:</b> avaliação dos ângulos articulares do membro inferior e do tronco através de um sistema de análise do movimento. <b>Eletromiografia:</b> avaliação da atividade elétrica da musculatura do membro inferior através de um eletromiógrafo e eletrodos de superfície. <b>Sistema de Detecção da Distribuição da Pressão Plantar:</b> avaliação do padrão de aterissagem durante a corrida. Os dados serão obtidos antes, imediatamente após a modificação da técnica e após 2 semanas de treinamento na técnica escolhida. Espera-se que a modificação da técnica de corrida melhore a biomecânica do membro inferior durante a corrida, contribuindo para a redução de lesões nesta atividade.</p>	EN
	<p><b>Kinematics:</b> lower limb and trunk joint angles assessment. <b>Electromyography:</b> evaluation of the electrical activity of the lower limb muscles through an electromyography and surface electrodes. <b>Plantar Pressure Distribution Detection system:</b> landing pattern evaluation during the running. The data will be obtained before, immediately after the modification of the technique and after 2 weeks of training in the technique. It is expected that the change in the immediate running technique improve the biomechanics of the lower limb during the running, contributing to a reduction in the activity of injury.</p>	

**Desfechos secundários:**

PT-BR	<p><b>Escala Visual Analógica:</b> graduada em 10 cm, escala validada e específica para avaliação de dor e conforto. <b>Questionários Lower Extremity Functional e Kujala:</b> validados e traduzidos, questionários específicos para avaliação de limitação ou perda de função. Os dados serão obtidos antes, imediatamente após a modificação da técnica e após 2 semanas de treinamento na técnica escolhida.</p>	EN
	<p><b>Visual Analogue Scale:</b> Graduate in 10 cm, validated and specific scale for pain assessment and comfort. <b>Lower Extremity Functional questionnaires and Kujala:</b> validated and translated, specific evaluation questionnaires a limitation or loss of function. The data will be obtained before, immediately after the modification of the technique and after 2 weeks of training in the technique.</p>	

**Contatos**Contatos para questões públicas

<b>Nome completo:</b> Ana Flávia dos Santos	<b>Nome completo:</b> Fábio Vladanna Serrão
<b>Endereço:</b> Rua Oscar de Souza Geribello, 64, apto 133	<b>Endereço:</b> Rua Coronel Carlos Simplicio Rodrigues, 75
<b>Cidade:</b> São Carlos / Brazil	<b>Cidade:</b> São Carlos / Brazil
<b>CEP:</b> 13564-031	<b>CEP:</b> 13574-980
<b>Fone:</b> +55(16)33066575	<b>Fone:</b> +55(16)33066575
<b>E-mail:</b> afaflavinha@hotmail.com	<b>E-mail:</b> fserrao@ufscar.br
<b>Filiação:</b> Universidade Federal de São Carlos	<b>Filiação:</b> Universidade Federal de São Carlos

Contatos para questões científicas

<b>Nome completo:</b> Ana Flávia dos Santos	<b>Nome completo:</b> Fábio Vladanna Serrão
<b>Endereço:</b> Rua Oscar de Souza Geribello, 64, apto 133	<b>Endereço:</b> Rua Coronel Carlos Simplicio Rodrigues, 75
<b>Cidade:</b> São Carlos / Brazil	<b>Cidade:</b> São Carlos / Brazil
<b>CEP:</b> 13564-031	<b>CEP:</b> 13574-980
<b>Fone:</b> +55(16)33066575	<b>Fone:</b> +55(16)33066575
<b>E-mail:</b> afaflavinha@hotmail.com	<b>E-mail:</b> fserrao@ufscar.br
<b>Filiação:</b> Universidade Federal de São Carlos	<b>Filiação:</b> Universidade Federal de São Carlos

2302/2015

Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos

**Contatos para informação sobre os centros de pesquisa**

**Nome completo:** Ana Flávia dos Santos  
**Endereço:** Rua Oscar de Souza Geribello, 64, apto 133  
**Cidade:** São Carlos / Brazil  
**CEP:** 13564-031  
**Fone:** +55(16)33060575  
**E-mail:** afluviata@hotmail.com  
**Afiliação:** Universidade Federal de São Carlos

**Links adicionais:**

[Download no formato ICFRIP](#)

[Download no formato XML OpenTrials](#)

---

 OpenTrials v1.2

### Anexo III

#### Escala para Dor Anterior no Joelho (EDAJ) - Versão traduzida e validada para a língua portuguesa -

Em cada questão, circule a letra que melhor descreve os atuais sintomas relacionados ao seu joelho.

1. Você caminha mancando?

- a. Não
- b. Levemente ou de vez quando
- c. Constantemente

2. O seu joelho suporta o seu peso?

- a. Apoio totalmente, sem dor
- b. Apoio, mas sinto dor
- c. É impossível suportar o peso

3. Ao caminhar

- a. Não tenho limites para caminhar
- b. Caminho mais que 2 km
- c. Caminho entre 1 e 2 km
- d. Não consigo

4. Ao subir / descer escadas

- a. Não tenho dificuldade
- b. Sinto um pouco de dor ao descer
- c. Sinto dor ao descer e ao subir
- d. Não consigo

5. Ao agachar

- a. Não tenho dificuldade
- b. Sinto dor após agachamentos repetidos
- c. Sinto dor a cada agachamento
- d. Somente agacho com diminuição de meu peso (me apoiando)
- e. Não consigo

6. Ao correr

- a. Não tenho dificuldade
- b. Sinto dor após correr mais do que 2 km
- c. Sinto dor leve desde o começo
- d. Sinto dor intensa
- e. Não consigo

7. Ao pular / saltar

- a. Não tenho dificuldade
- b. Tenho um pouco de dificuldade
- c. Sinto dor constante
- d. Não consigo

8. Ao sentar com os joelhos flexionados / dobrados por período prolongado

- a. Não tenho dificuldade
- b. Sinto dor para me manter sentado após ter realizado exercícios
- c. Sinto dor constante
- d. A dor faz com que necessite estender (esticar) os joelhos de tempos em tempos
- e. Não consigo

9. Dor

- a. Nenhuma
- b. Leve e ocasional
- c. A dor atrapalha o sono
- d. De vez em quando é intensa
- e. Constante e intensa

10. Inchaço (edema)

- a. Nenhum
- b. Após esforço intenso
- c. Após atividades diárias
- d. Toda a noite
- e. Constante

11. Movimentos anormais (subluxação) e doloridos da rótula (patela)

- a. Não ocorre
- b. Ocorre ocasionalmente durante atividades esportivas
- c. Ocorre ocasionalmente durante atividades diárias
- d. Já tive pelo menos um deslocamento
- e. Já tive mais que dois deslocamentos

12. Atrofia da coxa (tamanho da coxa)

- a. Nenhuma alteração do tamanho da coxa
- b. Leve alteração do tamanho da coxa
- c. Severa alteração do tamanho da coxa

13. Sente dificuldade para flexionar / dobrar o joelho?

- a. Nenhuma
- b. Leve
- c. Muita

**Pontuação:** \_\_\_\_\_ / 100

## Anexo IV

### Lower Extremity Functional Scale (LEFS) - Versão traduzida e validada para a língua portuguesa -

Estamos interessados em saber se você está tendo alguma dificuldade com as atividades listadas abaixo devido ao seu problema nos membros inferiores para o qual você está procurando tratamento.

Por favor, assinale uma resposta para cada questão. Hoje, você tem ou teria dificuldade para:

(Circule um número em cada linha)

<i>Atividade</i>	<i>Extremamente difícil ou incapaz de realizar a atividade</i>	<i>Bastante dificuldade</i>	<i>Dificuldade moderada</i>	<i>Um pouco de dificuldade</i>	<i>Sem dificuldade</i>
A. Qualquer uma de suas atividades usuais no trabalho, em casa ou na escola	0	1	2	3	4
B. Seus passatempos habituais, atividades recreativas ou esportivas	0	1	2	3	4
C. Ultrapassar um obstáculo de 50 cm de altura, como entrar ou sair de uma banheira	0	1	2	3	4
D. Caminhar do quarto à sala	0	1	2	3	4
E. Colocar o sapato ou as meias	0	1	2	3	4
F. Ficar agachado (de cócoras)	0	1	2	3	4
G. Levantar um objeto, como uma sacola de compras do chão	0	1	2	3	4
H. Realizar atividades domiciliares leves	0	1	2	3	4
I. Realizar atividades domiciliares pesadas	0	1	2	3	4
J. Entrar ou sair do carro	0	1	2	3	4
K. Caminhar dois quarteirões	0	1	2	3	4
L. Caminhar 1 quilômetro	0	1	2	3	4
M. Subir ou descer 10 degraus (1 lance de escada)	0	1	2	3	4
N. Ficar em pé durante 1 hora	0	1	2	3	4
O. Ficar sentado durante 1 hora	0	1	2	3	4
P. Correr em terreno plano	0	1	2	3	4
Q. Correr em terreno acidentado (irregular)	0	1	2	3	4
R. Fazer mudanças bruscas de direção enquanto corre rapidamente	0	1	2	3	4
S. Dar pulinhos	0	1	2	3	4
T. Rolar para mudar de lado na cama	0	1	2	3	4

**Pontuação: \_\_\_\_\_ / 80**



Conjoint Health Research Ethics Board  
Research Services Office  
3<sup>rd</sup> Floor MacKimmie Library Tower (MLT 300)  
2500 University Drive, NW  
Calgary AB T2N 1N4  
Telephone: (403) 220-7990  
[chreb@ucalgary.ca](mailto:chreb@ucalgary.ca)

### CERTIFICATION OF INSTITUTIONAL ETHICS REVIEW

This is to certify that the Conjoint Health Research Ethics Board at the University of Calgary has examined the following research proposal and found the proposed research involving human participants to be in accordance with University of Calgary Guidelines and the *Tri-Council Policy Statement: Ethical Conduct for Research Involving Humans* 2010 (TCPS 2). This form and accompanying letter constitute the Certification of Institutional Ethics Review.

Ethics ID: REB16-0714  
Principal Investigator: Reed Ferber  
Co-Investigator(s): There are no items to display  
Student Co-Investigator(s): Ana dos Santos  
Study Title: Patellofemoral joint stress and vertical loading rates during forefoot striking, increasing step rate, and forward trunk lean running  
Sponsor (if applicable): Research Internship Abroad (BEPE) from São Paulo Research Foundation, Brazil

Effective: May 26, 2016

Expires: May 26, 2017

**Restrictions:**

This Certification is subject to the following conditions:

1. Approval is granted only for the project and purposes described in the application.
2. Any modification to the authorized study must be submitted to the Chair, Conjoint Health Research Ethics Board for approval.
3. An annual report must be submitted within 30 days prior to expiry date of this Certification, and should provide the expected completion date for the study.
4. A final report must be sent to the Board when the project is complete or terminated.

Approved By:

[Kathleen Oberle, PhD, Vice-Chair](#), CHREB

Date:

May 26, 2016