

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CEILÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM SAÚDE

JOSÉ ROBERTO DE SOUZA JÚNIOR

EFEITOS DE DOIS PROGRAMAS DE RETREINAMENTO DE CORRIDA SOBRE A
DOR, FUNÇÃO E CINEMÁTICA DOS MEMBROS INFERIORES DE CORREDORES
COM DOR PATELOFEMORAL: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO COM FOLLOW-
UP DE SEIS MESES

BRASÍLIA,
2023

JOSÉ ROBERTO DE SOUZA JÚNIOR

EFEITOS DE DOIS PROGRAMAS DE RETREINAMENTO DE CORRIDA SOBRE A
DOR, FUNÇÃO E CINEMÁTICA DOS MEMBROS INFERIORES DE CORREDORES
COM DOR PATELOFEMORAL: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO COM FOLLOW-
UP DE SEIS MESES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias em Saúde, da Faculdade de Ceilândia, campus da Universidade de Brasília, para obtenção do título de doutor em Ciências e Tecnologias em Saúde.

Área de Concentração: Promoção, Prevenção e Intervenção em Saúde.

Linha de Pesquisa: Saúde, Funcionalidade, Ocupação e Cuidado.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Chiericato Matheus.

Co-orientador: Prof. Dr. Thiago Vilela Lemos

BRASÍLIA

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

dD278e de Souza Júnior, José Roberto
Efeitos de dois programas de retreinamento de corrida sobre a dor, função e cinemática dos membros inferiores de corredores com dor patelofemoral: ensaio clínico randomizado com follow-up de seis meses / José Roberto de Souza Júnior; orientador João Paulo Chierigato Matheus; co-orientador Thiago Vilela Lemos. -- Brasília, 2023.
74 p.

Tese(Doutorado em Ciências e Tecnologias em Saúde) -- Universidade de Brasília, 2023.

1. Dor Patelofemoral. 2. Retreinamento de Corrida. 3. Aceleração da tíbia. 4. Cadência. I. Matheus, João Paulo Chierigato, orient. II. Lemos, Thiago Vilela, co-orient. III. Título.

EFEITOS DE DOIS PROGRAMAS DE RETREINAMENTO DE CORRIDA SOBRE A
DOR, FUNÇÃO E CINEMÁTICA DOS MEMBROS INFERIORES DE CORREDORES
COM DOR PATELOFEMORAL: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO COM FOLLOW-
UP DE SEIS MESES

JOSÉ ROBERTO DE SOUZA JÚNIOR

TESE APRESENTADA EM ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Paulo Chieregato Matheus – Presidente
Faculdade de Ceilândia – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Osmair Gomes de Macedo
Faculdade de Ceilândia – Universidade de Brasília
Membro interno à UnB

Prof. Dr. Franassis Barbosa de Oliveira
ESEFFEGO - Universidade Estadual de Goiás
Membro externo à UnB

Prof. Dr. Reginaldo Kisho Fukuchi
Laboratório de Biomecânica e Controle Motor - Universidade Federal do ABC
Membro externo à UnB

Prof. Dr. Josevan Cerqueira Leal
Faculdade de Ceilândia – Universidade de Brasília
Suplente

BRASÍLIA

2023

“Pois eu estou certo de que Deus, que começou esse bom trabalho na vida de vocês, vai continuá-lo até que ele esteja completo no dia de Cristo Jesus.”

Filipenses 1:6

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, a minha mãe Luzia Moreira da Silva, a minha vó Francisca Moreira da Silva (em memória) e a meu irmão Victor Hugo Moreira da Silva Souza. Deus é o grande responsável por toda a obra e vocês foram os instrumentos eleitos por Ele para me darem suporte durante toda essa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Há 5 anos estava em um quarto na Espanha escrevendo os agradecimentos da dissertação. Cinco anos depois estou em um quarto nos Estados Unidos escrevendo os agradecimentos da tese. O José do início da caminhada não planejou isso. Na verdade, a maioria das coisas que ele planejou não saiu como o esperado. Que bom que Deus já tinha preparado tudo há muito tempo. Sempre ouvi que os planos Dele são muito maiores que os nossos. De fato, pude viver isso na prática. Os planos Dele são infinitamente maiores.

Dito isso, gostaria de começar agradecendo a Deus por tudo que Ele tem feito na minha vida. Quando decidi seguir carreira na pesquisa/docência eu não fazia ideia do quão tortuoso seria esse caminho. Eu sempre olhei pra linha de chegada, mas nunca para o processo. Deus com a sua grandeza me sustentou em todos os momentos. Tenho a plena convicção de que Deus guiou os meus passos e estou concluindo essa etapa graças a Ele.

Agradeço a minha família, em especial minha mãe Luzia e minha vó Francisca (em memória). Há 25 anos minha mãe escolheu investir na minha educação com apoio da minha vó. Ouviu de todos que estava perdendo tempo e dinheiro. O sonho de que o filho fizesse um curso superior ficou para trás e hoje estamos concluindo o doutorado. Obrigado por me apoiar em todos os momentos e principalmente por orar por mim. Mesmo desconhecendo as etapas do doutorado você sempre me ligava e perguntava em qual etapa eu estava trabalhando pra você poder orar por ela. Você não tem ideia do quanto isso significa pra mim. Obrigado por se permitir ser instrumento Dele na minha vida.

Não poderia deixar de mencionar meu irmão Victor Hugo. Lembro que rascunhei o projeto de doutorado em uma noite qualquer enquanto estávamos conversando no seu quarto. Obrigado pela parceria ao longo dos anos. Nossa relação se fortalece a cada mês e hoje você é um dos pilares da minha vida. Tenha certeza que sempre me lembro de todas as vezes que você parou tudo que estava fazendo para me ajudar. Ou de todas as vezes que entrei no seu quarto para lamuriar os inúmeros percalços do doutorado. Tenho uma admiração muito grande por você e sou muito grato pela sua vida.

Aos meus orientadores-amigos João Paulo e Thiago Vilela. Tenho o privilégio de ser orientado por pessoas que admiro tanto pessoalmente quanto profissionalmente. Sou grato a Deus por ter usado vocês como instrumento de benção na minha vida. Ouvi com atenção cada palavra dada e tentei aplicar nesses anos. Obrigado por me ensinarem a arrumar problemas cada vez maiores. Foi por causa desse ensinamento que chegamos até aqui hoje. Obrigado por passarem horas no telefone me aconselhando e por vibrarem por cada vitória. Vocês não tem

ideia do prazer que eu tenho em conversar com vocês. Obrigado por todas as portas abertas, conselhos e companheirismo. Vocês são pessoas que quero levar pra sempre.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias em Saúde da Universidade de Brasília. Agradeço ao corpo docente do programa que contribuiu muito para o meu crescimento no mestrado e doutorado. Muito obrigado professores Josevan, Osmair e João Durigan. Em especial gostaria de agradecer a professora Silvana e as secretárias Núbia e Rafaela que sempre estiveram dispostas a me ajudar e fazer o máximo para que eu obtivesse sucesso dentro da pós-graduação.

Agradeço também as minhas madrinhas Lúcia e Ana Flávia e meus padrinhos Garcia (em memória) e Alex. Obrigado por darem suporte para mim e minha família ao longo dos anos. Tenho muita gratidão por abrirem as portas da casa de vocês para que eu pudesse me abrigar. Infelizmente, tivemos uma perda muito grande nessa jornada, mas tenham certeza que levo todos os ensinamentos do meu padrinho junto comigo. Que Deus cuide de vocês como vocês sempre cuidaram de mim. Agradeço meu pai José Roberto por todas as orações realizadas ao longo destes anos. Agradeço a Bruna Godoi. Os últimos meses foram intensos e de uma carga horária de dedicação inimaginável. Obrigado por estar comigo no período do doutorado sanduíche durante todas as noites por duas-três horas.

Por último e não menos importante, gostaria de agradecer aos meus amigos que continuam comigo nessa jornada. Agradecimento especial a Pedro e Glauber que me ajudaram muito nesse processo. Pedro e Glauber estiveram comigo diretamente no doutorado e foram peças importantes para o produto dessa tese. Agradeço aos meus amigos de infância Guilherme Ferreira, Eduardo, Yuri César, Gabriel e Wilmar. Aos meus amigos de graduação e pós-graduação Guilherme Augusto, Tauana, Hellen, Amanda e João Carto. Gratidão pela vida de todos vocês.

A special thanks to Jean-Francois Esculier for all the assistance provided in this project. I have absolutely sure that his insights and comments made a total difference in the quality of my research. It was a very successful partnership between the University of Brasília and The Running Clinic/University of British Columbia. Also, I would like to thank my advisor Adam Tenforde and my colleagues Caleb Johnson, Lauren Sara, Logan Gaudette and Molly Bradach from the Spaulding National Running Center. I grow up a lot as research and as person during my period at the SNRC. Thank you so much for all your support and friendship. I will never forget the outstanding moments proportioned by you during my stay.

APRESENTAÇÃO

A presente tese para o programa de pós-graduação em Ciências e Tecnologias em Saúde da Faculdade de Ceilândia da Universidade de Brasília (UnB) foi desenvolvida a partir do projeto intitulado “Efeitos de dois programas de retraining de corrida sobre a dor, função e cinemática dos membros inferiores de corredores com dor patelofemoral: ensaio clínico randomizado com follow-up de seis meses”. O projeto foi desenvolvido sobre orientação do Prof. Dr. João Paulo Chiericato Matheus da Universidade de Brasília e co-orientação do Prof. Dr. Thiago Vilela Lemos da Universidade Estadual de Goiás. Além disso o projeto foi realizado em parceria com o Prof. Dr. Jean-Francois Esculier da *University of British Columbia*, Canadá. Inicialmente, o projeto foi aprovado no comitê de ética em pesquisa da Faculdade de Ceilândia da Universidade de Brasília com parecer de número 4.132.491 (CAAE: 22631019.7.0000.8093) (Anexo 12). Posteriormente, por se tratar de um ensaio clínico randomizado o projeto foi registrado de forma prospectiva no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (REBEC) com o número RBR-8yb47v (Anexo 13). Após a aprovação do projeto no comitê de ética em pesquisa e no registro Brasileiro de ensaios clínicos, iniciou-se a escrita do protocolo do estudo para que o mesmo pudesse ser submetido à revisão por pares. A revista escolhida foi a “*Plos One*” (Qualis A1) e o protocolo intitulado “*Effects of gait retraining with focus on impact versus gait retraining with focus on cadence on pain, function and lower limb kinematics in runners with patellofemoral pain: Protocol of a randomized, blinded, parallel group trial with 6-month follow-up*” foi publicado no ano de 2021 (Anexo 1).

A coleta dos dados foi permeada de desafios, a pandemia da COVID-19 atrasou essa etapa devido ao fechamento da clínica na qual o projeto foi realizado (Instituto Trata-Goiânia) e posteriormente dificultou o recrutamento dos participantes visto que as corridas de rua não foram realizadas ao longo dos anos de 2020 e 2021. Além disso, muitos corredores deixaram de correr nesse período. Junto com os desafios impostos pela pandemia, problemas com um dos equipamentos utilizados no estudo (acelerômetro *Tgforce*) também atrasaram a coleta dos dados. Apesar de tais intercorrências, o trabalho foi concluído com sucesso e foi apresentado em formato oral no congresso da Associação Americana de Fisioterapia que foi realizado na cidade de San Diego, EUA entre os dias 23 e 25 de fevereiro de 2023 (Anexo 2). O manuscrito principal da tese está em revisão na “*Plos One*” (Qualis A1) (Anexo 3).

Outros produtos foram sendo desenvolvidos ao longo do doutorado. Em relação a essa temática, vale destacar a pesquisa intitulada “Conhecimento, interesse e preferência por

programas de retreinamento de corrida em corredores de rua: estudo transversal” que foi apresentada em formato oral no congresso de ciência e tecnologia da PUC Goiás (Anexo 4) e posteriormente publicada na revista “Fisioterapia e Pesquisa” (Qualis B1) (Anexo 5).

Além do projeto principal do doutorado, tive a oportunidade de concorrer a uma bolsa da Fulbright para realizar doutorado sanduíche nos Estados Unidos. Com o aval dos orientadores e do programa, idealizamos um projeto em parceria com os professores Adam Tenforde (*Harvard University*) e Irene Davis (*University of South Florida*) intitulado “*Association of Personal, Training and Biomechanical aspects with Patellofemoral Pain in runners: a Classification and Regression Tree approach*”. Após um processo extenso com duração de 1 ano conseguimos a bolsa e desenvolvi estudos como pesquisador visitante da Fulbright no *Spaulding National Running Center*, Departamento de Medicina Física e Reabilitação, *Harvard Medical School, Harvard University* sob orientação e co-orientação dos referidos professores. O manuscrito oriundo do projeto desenvolvido no doutorado sanduíche foi submetido na revista “*Sports Medicine - Open*” (Qualis A1) (Anexo 6). O mesmo foi apresentado no Congresso do Colégio Americano de Medicina Esportiva que foi realizado em Denver entre os dias 30 de maio e 2 de junho de 2023 (Anexo 7).

De forma paralela, desenvolvi outros manuscritos junto ao grupo de pesquisa do Prof. Adam Tenforde. Publicamos no *Journal of Clinical Medicine* (Fator de Impacto 4,96) uma revisão intitulada “*Clinical Application of Gait Retraining in the Injured Runner*” que aborda justamente a temática do projeto principal que tenho desenvolvido na Universidade de Brasília (Anexo 8). Além disso, publicamos uma carta ao editor intitulada “*Comment on Running-Related Biomechanical Risk Factors for Overuse Injuries in Distance Runners: A Systematic Review Considering Injury Specificity and the Potentials for Future Research*” na revista “*Sports Medicine*” (Qualis A1) que aborda os desafios de pesquisas com corredores com lesões musculoesqueléticas como a dor patelofemoral (Anexo 9). Por fim, publicamos os manuscritos intitulados “*Association of Ground Reaction Force Measurements in Runners with Symptomatic Iliotibial Band Friction Syndrome: A Cross-Sectional Study*” na revista “*Applied Sciences*” (Fator de impacto 2,83) (Anexo 10) e “*The Effects of a Simple Sensor Reorientation Procedure on Peak Tibial Accelerations during Running and Correlations with Ground Reaction Forces*” na revista “*Sensors*” (Fator de impacto 3,90) (Anexo 11).

A defesa da tese será o fechamento de quatro anos intensos de muito trabalho, aprendizado e parcerias nacionais e internacionais realizadas. Espero que de alguma forma os trabalhos que foram realizados nesse período possam contribuir para os profissionais que atuam diretamente e indiretamente com o manejo de corredores com dor patelofemoral.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo geral	7
2.2 Objetivos específicos	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS	8
3.1 Desenho do estudo	8
3.2 Aspectos éticos	8
3.3 Tamanho da amostra.....	8
3.4 Local	9
3.5 Participantes.....	9
3.6 Desfechos.....	10
3.7 Coleta dos dados	10
3.8 Randomização e alocação	14
3.9 Cegamento	15
3.10 Intervenções.....	15
3.10.1 Grupo A	16
3.10.2 Grupo B	17
3.10.3 Grupo C	18
3.11 Análise estatística	18
4 RESULTADOS	20
4.1 Recrutamento e acompanhamento	20
4.2 Dados demográficos, dor, função e biomecânica da corrida.....	22
4.3 Efeitos dos programas de retreinamento de corrida sobre a dor e função do joelho	24
4.4 Efeitos dos programas de retreinamento de corrida sobre a biomecânica da corrida.....	26
5 DISCUSSÃO.....	29
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS.....	36
ANEXO 1 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA <i>PLOS ONE</i>.....	44
ANEXO 2 – RESUMO APRESENTADO NO CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO AMERICANA DE FISIOTERAPIA	45
ANEXO 3 – MANUSCRITO SUBMETIDO NA REVISTA <i>PLOS ONE</i>	46

ANEXO 4 – RESUMO APRESENTADO NO CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PUC GOIÁS.....	47
ANEXO 5 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA <i>FISIOTERAPIA EM PESQUISA</i>.....	48
ANEXO 6 – MANUSCRITO SUBMETIDO NA REVISTA <i>SPORTS MEDICINE – OPEN</i>	49
ANEXO 7 – RESUMO APRESENTADO NO CONGRESSO DO COLÉGIO AMERICANO DE MEDICINA ESPORTIVA	50
ANEXO 8 – ARTIGO PUBLICADO NO <i>JOURNAL OF CLINICAL MEDICINE</i>.....	51
ANEXO 9 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA <i>SPORTS MEDICINE</i>	52
ANEXO 10 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA <i>APPLIED SCIENCES</i>.....	53
ANEXO 11 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA <i>SENSORS</i>.....	54
ANEXO 12 – PARECER DE APROVAÇÃO EM COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	55
ANEXO 13 – CADASTRO NO REGISTRO BRASILEIRO DE ENSAIOS CLÍNICOS.....	56

TABELAS

Tabela 1. Características gerais dos participantes do estudo (n = 30)

Tabela 2. Média (DP), diferença da média e intervalos de confiança de 95% para a dor usual, dor na corrida e função do joelho (n = 30)

Tabela 3. Média (DP), diferença da média e intervalos de confiança de 95% para a biomecânica da corrida (n = 30)

Total de tabelas: 3

FIGURAS

Figura 1. Cálculo amostral realizado no G*Power. (A) Escolha da ANOVA de medidas repetidas com interação intermediária. (B) Tamanho de efeito $f = 0.48$. (C) Nível de significância = 0.05. (D) $Power = 0.99$. (E) Número de grupos = 3. (F) Número de medidas = 3. (G) Número de participantes obtido.

Figura 2. Posicionamento dos marcadores para avaliação da cinemática dos membros inferiores nos planos frontal e sagital. (A) Vista sagital. (B) Vista frontal.

Figura 3. Posicionamento das duas câmeras para coleta dos dados cinemáticos. (A) Câmera posicionada para capturar os ângulos do plano sagital. (B) Câmera posicionada para capturar os ângulos do plano frontal.

Figura 4. Ângulos coletados nos planos frontal e sagital. (A) Inclinação do pé. (B) Inclinação da tíbia. (C) Queda da pelve. (D) Adução do quadril. (E) Flexão do joelho. (F) Dorsiflexão do tornozelo.

Figura 5. Instrumento utilizado para avaliação da aceleração vertical da tíbia e cadência. (A) Acelerômetro Tgforce e velcro utilizado para posicionar o dispositivo na tíbia. (B) Acelerômetro Tgforce posicionado no aspecto anteromedial da tíbia (B).

Figura 6. Protocolo utilizado pelos participantes dos grupos A e B.

Figura 7. Retreinamento de corrida com foco no impacto. (A) Participante ajustando a técnica de corrida com base no pico de aceleração vertical da tíbia. (B) Tela visualizada pelo participante durante a sessão supervisionada com a linha vermelha em 50% do pico de aceleração da tíbia avaliado anteriormente.

Figura 8. Fluxograma dos participantes do estudo. T_2 = semana 2; T_{24} = semana 24 (6 meses).

Total de figuras: 8

ANEXOS

Anexo 1 – Artigo publicado na revista <i>Plos One</i>	
Anexo 2 – Resumo apresentado no Congresso da Associação Americana de Fisioterapia	
Anexo 3 – Manuscrito submetido na revista <i>Plos One</i>	
Anexo 4 – Resumo apresentado no congresso de ciência e tecnologia da PUC Goiás	
Anexo 5 – Artigo publicado na revista <i>Fisioterapia em Pesquisa</i>	
Anexo 6 – Manuscrito submetido na revista <i>Sports Medicine - Open</i>	
Anexo 7 – Resumo apresentado no Congresso do Colégio Americano de Medicina Esportiva..	
Anexo 8 – Artigo publicado no <i>Journal of Clinical Medicine</i>	
Anexo 9 – Artigo publicado na revista <i>Sports Medicine</i>	
Anexo 10 – Artigo publicado na revista <i>Applied Sciences</i>	
Anexo 11– Artigo publicado na revista <i>Sensors</i>	
Anexo 12 – Parecer de aprovação em Comitê de Ética em Pesquisa	
Anexo 13 – Cadastro no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos	
Total de anexos: 13	

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA – Análise de Variância

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CONSORT – *Consolidated Standards Of Reporting Trials*

DPF – Dor Patelofemoral

Grupo A – Retreinamento de Corrida com foco no impacto

Grupo B – Retreinamento de Corrida com foco na cadência

Grupo C – Controle

DP – Desvio Padrão

EIAS – Espinha Ilíaca Ântero-superior

EVA – Escala Visual Analógica

f – Tamanho de efeito utilizado no *G*Power*

g – unidade de medida do pico de aceleração da tíbia

g – Tamanho de efeito g de *Hedges*

*G*Power* – Software utilizado para o cálculo do tamanho da amostra

IC 95 – Intervalo de Confiança de 95%

IMC – Índice de Massa Corporal

Kg – Quilogramas

Km – Quilômetro

m – Metros

n – número de participantes

η^2 – *Eta-partial square*

η^2G – *Eta-partial square* generalizado

p – Nível de significância

% – Porcentagem

PUC – Pontifícia Universidade Católica

REBEC – Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos

SPIRIT – *Standard Protocol Items: Recommendations for Intervention Trials*

SPSS – *Statistical Package for Social Sciences*

T_0 – Avaliação inicial

T_2 – Avaliação realizada imediatamente após a intervenção

T_{24} – Avaliação realizada seis meses após a intervenção

TCLE – Termo de Consentimento Livre Esclarecido

° – Graus

2d – Bidimensional

3d – Tridimensional

> – Maior

< – Menor

* – Interação estatisticamente significativa entre grupo e tempo ($p < 0,05$)

† – Diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

RESUMO

Introdução: A Dor Patelofemoral (DPF) é uma das principais lesões em corredores. Evidência consistente suporta o uso de exercício terapêutico voltado para os músculos do quadril e joelho para modular os sintomas, no entanto, poucos estudos investigaram os efeitos do retreinamento de corrida. **Objetivo:** Comparar os efeitos de dois programas de retreinamento de corrida parcialmente supervisionados sobre a dor, função e cinemática dos membros inferiores de corredores com DPF. **Métodos:** Ensaio clínico controlado randomizado. Trinta corredores foram alocados para dois grupos de retreinamento de corrida, um com foco no impacto (n=10) e outro com foco na cadência (n=10), e para um grupo controle (n=10). O grupo impacto recebeu orientação para reduzir a aceleração da tíbia em 50%, enquanto o grupo cadência foi solicitado a aumentar a cadência em 7,5-10%. O grupo controle não recebeu nenhuma intervenção. Dor usual e na corrida, função do joelho e cinemática dos membros inferiores foram avaliadas antes (T_0), após 2 semanas (T_2) e após 24 semanas (6 meses) (T_{24}). Dados foram analisados usando a análise de variância de duas vias. **Resultados:** Uma interação significativa entre grupo e tempo foi encontrada para a dor na corrida ($p=0,010$) e função do joelho ($p=0,019$). Ambos os programas tiveram melhores resultados na dor na corrida ($p=0,001$; $p=0,002$) em comparação com nenhuma intervenção em T_{24} . Os participantes do grupo impacto tiveram melhores resultados na função do joelho ($p=0,027$) em comparação com nenhuma intervenção em T_2 . Não foram encontradas diferenças entre os grupos na dor usual e na cinemática dos membros inferiores ($p>0,05$). **Conclusão:** Em comparação com nenhuma intervenção, ambos os programas foram efetivos para reduzir a dor na corrida seis meses após o protocolo. O programa com foco no impacto melhorou a função do joelho imediatamente após a intervenção. Reduções nos sintomas ocorreram independentemente das alterações na cinemática dos membros inferiores. **Palavras-Chave:** Dor Patelofemoral; Retreinamento de corrida; Aceleração da Tíbia; Cadência.

ABSTRACT

Background: Patellofemoral Pain (PFP) is one of the main injuries in runners. Consistent evidence supports the use of therapeutic exercise with focus on hip and knee-targeted muscles to modulate symptoms, however, few studies investigated the effects of gait retraining programs. **Objective:** to compare the effects of two different two-week partially supervised gait retraining programs on pain, function, and lower limb kinematics of runners with PFP. **Methods:** Randomized controlled trial. Thirty runners were allocated to gait retraining groups focusing on impact (n=10) or cadence (n=10), or to a control group (n=10). Impact group received guidance to reduce tibial acceleration by 50%, while cadence group was asked to increase cadence by 7.5-10%. The control group did not receive any intervention. Usual and running pain, knee function, and lower limb kinematics were evaluated before (T_0), after 2 weeks (T_2), and after 24 weeks (six-months) (T_{24}). Data were analyzed using the 2-way analysis of variance. **Results:** A significant group x time interaction was found for running pain ($p=0.010$) and knee function ($p=0.019$). Both programs had greater improvements in running pain ($p=0.001$; $p=0.002$) compared to no intervention at T_{24} . Participants of the impact group had greater improvements in knee function ($p=0.027$) compared to no intervention at T_2 . No between-group differences in usual pain and lower limb kinematics were found ($p>0.05$). **Conclusion:** Compared to no intervention, both programs were more effective in improving running pain six months after the protocol. The program focused on impact was more effective in improving knee function immediately after the intervention. Reductions in symptoms occurred regardless of changes in lower limb kinematics.

Keywords: Patellofemoral Pain; Gait Retraining; Tibial acceleration; Cadence.

1 INTRODUÇÃO

A corrida é uma atividade com número crescente de adeptos devido aos efeitos positivos sobre aspectos cardíacos, metabólicos e mentais^{1,2,3}. Correr de três a quatro vezes por semana, por aproximadamente 2 a 3 horas, com 60% a 90% da frequência cardíaca máxima por um ano está associado à redução da frequência cardíaca em repouso, gordura corporal e triglicérides, e com o aumento do consumo máximo de oxigênio e lipoproteína de alta densidade¹. Tais efeitos atuam diretamente na longevidade dos praticantes; corredores recreacionais apresentaram menores taxas de mortalidade de forma geral (27%), por doenças cardiovasculares (30%) e câncer (23%) quando comparados a pessoas sedentárias⁴.

Infelizmente, com a crescente adesão ao esporte, houve um crescimento na incidência de lesões relacionadas à corrida, estas podem variar de 19,4 a 79,3% de acordo com a definição escolhida para conceituar lesão⁵. De forma geral, corredores novatos apresentam de duas a três vezes mais lesões em 1000 horas de prática do que corredores experientes (8,78 vs. 4,24; 17,8 vs. 7,7)^{6,7}. Os principais locais acometidos são a região do joelho (7,2 – 50%), perna (9 – 32,2%) e pé (5,7 – 39,3%)⁵ e as principais lesões são a Síndrome do Estresse Medial Tibial (13,6 – 20%), Tendinopatia do Calcâneo (9,1 – 10,9%) e Fasceíte Plantar (4,5 – 10%)⁸. Durante ultramaratonas as principais lesões são Tendinopatia do Calcâneo (2,0 – 18,5%), Dor Patelofemoral (DPF) (7,4 – 15,6%) e Tendinopatia dos Dorsiflexores (1 – 29,6%)⁸.

Inúmeros fatores de risco para estas lesões têm sido investigados, evidência forte foi reportada para histórico de lesão nos últimos 12 meses^{5,9,10} e evidência moderada para uso de palmilhas ortopédicas¹⁰. Evidência limitada ainda aponta para características individuais como sexo, idade e índice de massa corporal (IMC)¹⁰. Outros aspectos como tipo de superfície, número de provas e uso de tênis específicos também são mencionados¹⁰.

Atualmente, o foco das pesquisas está em variáveis de treinamento e biomecânicas. Quanto aos aspectos de treino, estudos apontam para incremento no volume semanal (maior que 64 km; aumento de 30% de uma semana para outra), frequência elevada (3-7 vezes/semana nos homens; 7 vezes/semana nas mulheres) ou reduzida (1 vez/semana nas mulheres) e mudanças abruptas no volume, frequência, velocidade ou distância^{9,10,11}. Quanto aos aspectos biomecânicos, alterações na força dos abdutores do quadril, relação agonista/antagonista dos rotadores do quadril, amplitude de movimento de rotação interna do quadril, drop do navicular, discrepância dos membros inferiores e distribuição das forças na

região plantar são citadas^{10,12}. Revisões sistemáticas de estudos prospectivos ainda apresentam evidências limitadas a moderadas para aspectos cinemáticos como adução do quadril, flexão do joelho, dorsiflexão do tornozelo e eversão do retropé e para aspectos cinéticos como taxas de carga vertical média e instantânea mensuradas durante a corrida^{13,14}.

Dentre as lesões relacionadas à corrida, a dor patelofemoral é uma das mais estudadas. Esta é caracterizada como uma dor ao redor ou atrás da patela durante atividades funcionais como agachamento, subida e descida de degraus, saltos e corrida¹⁵. Apresenta prevalência de 28.9% em adolescentes e de 22.7% na população em geral¹⁶. Está entre as três principais lesões da articulação do joelho (5,5%) em corredores⁸ e alguns estudos trazem que esta é a principal lesão durante a corrida (16,5%)^{17,18}.

Estudos diversos foram realizados para identificar os principais fatores de risco para esta condição. Não existe consenso quanto a maior presença de DPF em mulheres do que em homens^{19,20}. De forma adicional, não foram encontradas associações com idade, altura, peso, IMC, gordura corporal, ângulo Q, força dos músculos do quadril e cinesiofobia, porém, evidência moderada sugere que a fraqueza do quadríceps é um aspecto importante a ser considerado^{19,21,22}. Em relação à biomecânica da corrida, mais de 100 variáveis foram estudadas; evidência moderada foi reportada para menor impulso de frenagem e maior tempo de contato, enquanto que evidência conflitante foi reportada para o aumento dos picos da queda da pelve contralateral, adução e rotação interna do quadril²³.

Um fato que chama atenção é o prognóstico ruim dos pacientes com dor patelofemoral, o estudo de Collins e colaboradores²⁴ mostrou que 55% e 40% dos pacientes que participam de programas de reabilitação apresentam uma recuperação incompleta em 3 e 12 meses respectivamente. De forma similar, o estudo de Lankhorst e colaboradores²⁵ mostrou que 57% dos pacientes não se recuperam completamente dentro de 5 a 8 anos. Nesse cenário, os efeitos de diferentes intervenções para pacientes com essa condição têm sido investigados, dentre estas se destacam a utilização do exercício terapêutico, bandagem rígida e órteses para o pé²⁶.

Evidência consistente suporta a utilização do exercício terapêutico para pacientes com DPF. Essa modalidade foi superior a um grupo controle (cuidados usuais e placebo) para melhorar os níveis de dor usual, dor durante atividade física e capacidade funcional no curto e longo prazo²⁷. Não existe consenso quanto a melhor intervenção a ser utilizada, todavia, a realização de exercício resistido voltado para os músculos do complexo póstero-lateral do quadril e extensores do joelho de forma conjunta é recomendada quando comparada a utilização de exercícios voltados somente para o joelho^{26,27}. De forma associada ao exercício

terapêutico, uma fita de bandagem rígida (*taping* patelar) pode ser aplicada na região da patela (de lateral para medial) para redução da dor durante atividades funcionais de forma imediata (quatro semanas)^{26,28}, enquanto que órteses pré-fabricadas para o pé podem ser utilizadas para redução da dor usual de forma imediata (seis semanas) em sujeitos que apresentam pronação excessiva^{26,29}.

Uma intervenção que também tem sido estudada nos últimos anos é o retreinamento de corrida³⁰⁻³³. Essa modalidade busca modificar a técnica de corrida com o objetivo de prevenir e/ou reabilitar pacientes com lesões musculoesqueléticas como a dor patelofemoral³¹⁻³³. As principais estratégias utilizadas envolvem a redução da adução do quadril^{34,35}, aumento da inclinação anterior do tronco³⁶, mudança do padrão de contato inicial para o antepé^{36,37}, redução do impacto durante a corrida³⁸⁻⁴⁴ e aumento da cadência (quantidade de passos por minuto)^{36,45-50}.

Para se modificar um dos aspectos supracitados, pistas visuais^{34,35,37-41,49}, auditivas^{36,45-48,50}, verbais^{35,36-40,42,44} e/ou táteis⁴³ são dadas para os corredores por meio de um programa estruturado realizado com acompanhamento de profissional qualificado. Este envolve uma fase de aquisição em que o estímulo é dado de forma progressiva para que haja aprendizado do padrão motor desejado e uma fase de transferência em que o estímulo é removido de forma progressiva para que o atleta utilize de estratégias intrínsecas e perpetue o padrão aprendido ao longo do tempo^{51,52}. As fases de aquisição e transferência tem duração de quatro a seis semanas e são seguidas pelo aumento gradual do volume de treino pelos próximos dois a três meses³².

No programa com foco na redução da adução do quadril, *feedback* visual é fornecido por meio do gráfico da adução do quadril mostrado em uma tela ou por um espelho^{34,35}. O corredor é orientado a correr com os joelhos afastados e apontados para frente e manter a pelve alinhada^{34,35}. Protocolo supervisionado de duas semanas demonstrou reduções de 20-30% na adução do quadril após a intervenção^{34,35} e tais resultados foram mantidos em 1^{34,35} e 3 meses³⁵. Sugere-se que mudanças pequenas na cinemática do quadril no plano frontal e transversal resultem em alterações relevantes no estresse da articulação patelofemoral⁵³.

No programa com foco no aumento da inclinação anterior do tronco, *feedback* verbal é fornecido aos participantes por meio de instruções para flexionar o tronco dentro de uma postura que seja confortável^{36,54}. Protocolo supervisionado de duas semanas demonstrou aumento de 43% na inclinação anterior do tronco após a intervenção e os resultados foram mantidos em 6 meses³⁶. Quanto a sobrecarga no joelho, um aumento de 48% na flexão do tronco quando comparado a postura habitual reduziu o estresse na articulação patelofemoral

em 6%. De forma adicional, uma relação inversa entre flexão do tronco durante a corrida com pico de estresse na articulação patelofemoral, momento extensor do joelho e energia absorvida no joelho foi reportada em estudos anteriores⁵⁴⁻⁵⁶.

A mudança do padrão de contato inicial do retropé para o antepé é a modalidade de retreinamento mais utilizada. *Feedback* visual é fornecido por meio do contato inicial na esteira mostrado em um espelho, enquanto que *feedback* verbal é fornecido por meio de orientações para correr na ponta dos pés^{36,37}. Protocolos supervisionados de duas semanas demonstraram uma redução de até 27° no ângulo de inclinação do pé após a intervenção^{36,37} e os resultados foram mantidos em 1³⁷ e 6 meses³⁶. Duas revisões sistemáticas com metanálise compararam aspectos cinemáticos e cinéticos entre corredores com padrão de contato inicial com retropé e antepé; os autores demonstraram que correr com o antepé leva a menor taxa de carga vertical média durante a corrida, momento extensor do joelho e energia absorvida no joelho^{57,58}.

Os programas com foco na redução do impacto utilizam de *feedback* visual fornecido por meio do gráfico do pico da aceleração vertical da tíbia, mostrado em uma tela em frente a esteira para reduzir esta variável em até 50%. O corredor é orientado a correr de forma suave, dar passos silenciosos e manter o pico de aceleração da tíbia abaixo da linha que indica 50% do valor avaliado^{38-41,44}. Outros estudos também utilizaram *feedback* visual sobre o pico de impacto vertical⁴² e *feedback* tátil sobre a aceleração da tíbia⁴³. Programas supervisionados de 2 semanas mostraram uma redução entre 26 e 50% no pico de aceleração da tíbia após a intervenção^{39,40,41} e os resultados foram mantidos em 1³⁹, 6⁴⁰ e 12 meses⁴⁰. As mudanças na aceleração da tíbia foram acompanhadas por reduções nas taxas de carga vertical média e instantânea⁴⁰, aspectos que se mostraram elevados em corredores com dor patelofemoral⁵⁹.

Por fim, uma estratégia similar é o aumento da cadência durante a corrida em 7,5-10%. A forma mais empregada para se atingir tal mudança consiste no emprego de *feedback* auditivo com o auxílio de um metrônomo^{36,45-48,50}. Outros estudos também utilizaram *feedback* visual fornecidos com o auxílio de um relógio de pulso⁴⁹. Programas supervisionados e parcialmente supervisionados com duração de 2 a 10 semanas mostraram um aumento efetivo de até 10% na cadência após a intervenção^{36,45-50} e os resultados foram mantidos em 1 e 3 meses⁴⁸. Uma recente revisão sistemática com metanálise mostrou que um aumento na cadência entre 5 e 10% é capaz de modificar uma série de aspectos que podem beneficiar corredores com DPF, dentre estes pode-se destacar menor pico de estresse na articulação patelofemoral, momento extensor do joelho, impulso de frenagem e energia absorvida no joelho⁶⁰.

Apesar dos efeitos positivos sobre variáveis que podem estar associadas à dor patelofemoral, pontos importantes da aplicabilidade dessa intervenção foram discutidos nos últimos anos. Evidências limitadas suportam essa modalidade para melhorar desfechos clínicos. Em corredores com dor patelofemoral, mudanças na dor e função foram reportadas independentemente da estratégia utilizada, todavia estas foram observadas em geral por estudos que não continham um grupo controle^{34-36,46,48}. Além disso, poucos estudos tiveram acompanhamento adequado, somente um acompanhou os participantes por três meses³⁵, enquanto outros dois acompanharam por aproximadamente seis meses^{36,45}. Os formatos utilizados também são questionáveis, a maioria dos programas consistiu de sessões supervisionadas durante 2 semanas³⁴⁻³⁷, 6⁴⁷ e 8 semanas⁴⁵ realizadas em uma esteira dentro da clínica. Este formato demanda tempo, recursos financeiros consideráveis e não replica as condições encontradas pelos corredores na rotina de treinos.

Os programas com foco na adução do quadril apresentam baixa validade externa visto que foram incluídos somente participantes com pico de adução do quadril maior que 20°^{34,35}. De forma adicional, evidências crescentes questionam a hipótese de que corredores com dor patelofemoral apresentam maiores valores de adução de quadril quando comparados a corredores saudáveis²³. Mudanças nos sintomas de pacientes com dor patelofemoral foram encontradas independentemente de alterações em aspectos cinemáticos como adução do quadril⁶¹.

Outro ponto importante trata-se da sobrecarga das articulações adjacentes que pode culminar em lesões musculoesqueléticas específicas. Uma relação direta foi encontrada entre ângulo de flexão do tronco com o momento extensor do quadril e energia gerada no quadril. Um aumento de 27° graus na flexão do tronco gerou um aumento de 70% no momento extensor do quadril⁵⁶. Já a mudança do contato inicial para o antepé gerou aumento da excursão do tornozelo, momento plantiflexor e energia absorvida no tornozelo^{57,58}. De forma complementar, 25% dos pacientes com dor patelofemoral que mudaram o padrão de aterrissagem para o antepé apresentaram desconforto na região do tendão calcâneo³⁷.

Nesse contexto, observa-se a necessidade de ensaios controlados randomizados em corredores com dor patelofemoral, que avaliem a efetividade de programas de retreinamento de corrida em aspectos clínicos como dor e função. De forma concomitante, observa-se a importância que estes estudos acompanhem os participantes por período adequado e utilizem de protocolos que tenham uma maior aplicabilidade para a prática clínica considerando os aspectos de tempo, custos com tratamento, local e rotina de treinos. Visto que a redução da adução do quadril apresenta baixa validade externa e que o aumento da inclinação do tronco

ou mudança do padrão de contato inicial pode levar a sobrecarga de articulações adjacentes, estudos com foco na redução do impacto ou aumento da cadência são preconizados.

Até o presente momento, nenhum estudo utilizou um programa com foco na redução da aceleração vertical da tíbia para modular aspectos clínicos em pacientes com dor patelofemoral. Sabe-se que lesões na corrida foram encontradas em menor proporção (62%) em corredores que participaram de um programa de retreinamento para reduzir o pico de impacto durante a corrida⁴². Poucos estudos avaliaram os efeitos de protocolos com foco na cadência em aspectos clínicos e estes foram realizados de forma concomitante ao uso de tênis minimalista e um programa de educação em relação ao manejo das cargas durante a corrida⁴⁵⁻⁴⁷. Tais estudos são relevantes considerando que o aumento dessa variável em até 10% reduziu a energia absorvida no joelho sem aumentar a demanda sobre quadril e tornozelo⁶². Além disso, os efeitos de ambos os programas em aspectos cinéticos estão bem estabelecidos^{39,40,60}, todavia existe uma carência na literatura quanto às alterações em aspectos cinemáticos que poderiam explicar as mudanças positivas sobre a dor e função.

Dessa forma, o objetivo primário do presente estudo foi comparar os efeitos imediatos e ao longo de seis meses de dois programas parcialmente supervisionados de retreinamento de corrida, um com foco no impacto e outro com foco na cadência, com um grupo controle; sobre a dor usual e na corrida de corredores com dor patelofemoral. De forma secundária, comparar os efeitos imediatos e ao longo de seis meses de dois programas parcialmente supervisionados de retreinamento de corrida, um com foco no impacto e outro com foco na cadência, com um grupo controle; sobre a função do joelho e cinemática dos membros inferiores nos planos frontal e sagital.

A hipótese inicial do estudo era que os programas parcialmente supervisionados seriam mais efetivos para reduzir a dor usual e na corrida, melhorar a função do joelho e modificar a cinemática dos membros inferiores nos planos frontal e sagital quando comparados ao grupo controle. Acreditava-se também que os resultados iriam persistir por seis meses. Por fim, esperava-se que um grupo de retreinamento não seria superior ao outro.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar os efeitos imediatos e ao longo de seis meses de dois programas de retreinamento de corrida, um com foco no impacto e outro com foco na cadência, com um grupo controle; sobre a dor usual e na corrida de corredores com dor patelofemoral.

2.2 Objetivos específicos

Comparar os efeitos imediatos e ao longo de seis meses de dois programas de retreinamento de corrida, um com foco no impacto e outro com foco na cadência, com um grupo controle; sobre a função do joelho de corredores com dor patelofemoral.

Verificar os efeitos imediatos e ao longo de seis meses de dois programas de retreinamento de corrida, um com foco no impacto e outro com foco na cadência, com um grupo controle; sobre a queda da pelve e adução do quadril de corredores com dor patelofemoral.

Verificar os efeitos imediatos e ao longo de seis meses de dois programas de retreinamento de corrida, um com foco no impacto e outro com foco na cadência, com um grupo controle; sobre a flexão do joelho, dorsiflexão do tornozelo, inclinação da tibia e inclinação do pé de corredores com dor patelofemoral.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Desenho do estudo

Para cumprir os objetivos do estudo foi realizado um ensaio clínico randomizado, paralelo, de superioridade, com três braços, taxa de alocação de 1:1:1, cego e com seis meses de seguimento. A pesquisa foi composta por três grupos: um grupo que realizou um programa de retreinamento de corrida parcialmente supervisionado com foco no impacto (Grupo A), um grupo que realizou um programa de retreinamento de corrida parcialmente supervisionado com foco na cadência (Grupo B), e por um grupo controle que não realizou nenhuma intervenção (Grupo C). O protocolo do ensaio clínico foi descrito seguindo as recomendações do SPIRIT (*Standard Protocol Items: Recommendations for Intervention Trials*) e publicado na revista *Plos One* (Anexo 1). Os resultados do ensaio clínico foram descritos seguindo as recomendações do CONSORT (*Consolidated Standards Of Reporting Trials*) e submetidos na revista *Plos One* (Anexo 3).

3.2 Aspectos éticos

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Ceilândia, campus da Universidade de Brasília, com parecer de número 4.132.491 (CAAE: 22631019.7.0000.8093) (Anexo 12). A pesquisa seguiu a declaração de Helsinque e a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE). O estudo foi registrado de forma prospectiva no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (REBEC) com o número RBR-8yb47v (Anexo 13).

3.3 Tamanho da amostra

O tamanho da amostra foi definido antes do início do estudo com auxílio do artigo de Dos Santos e colaboradores³⁶ que comparou os efeitos de três programas de retreinamento de corrida em corredores com dor patelofemoral imediatamente após a intervenção e ao longo de seis meses de seguimento. No software *G*Power*⁶³, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas e interação intermediária. Inicialmente, o valor do *eta-partial square* (η^2) obtido por meio da interação grupo*tempo para a variável dor, coletada por meio da Escala Visual Analógica (EVA) no estudo mencionado, foi utilizado para se obter o tamanho de efeito f necessário para calcular o tamanho da amostra. O software *G*Power* usa o índice de tamanho de efeito (f) para esta análise. O tamanho do efeito f foi calculado diretamente usando o η^2 por meio da seguinte fórmula: $f = \sqrt{\eta^2/(1-\eta^2)}$. Utilizando-se η^2 de 0.19 foi obtido tamanho de efeito f de 0.48. Posteriormente, os seguintes parâmetros foram adicionados para se obter o tamanho da amostra: nível de significância = 0,05; *power* = 0.99;

número de grupos = 3; número de medidas = 3. Uma amostral total de 21 participantes foi obtida (Figura 1). Considerando as possíveis perdas de participantes durante o período de seis meses de seguimento, 30 participantes foram recrutados e incluídos no estudo.

The screenshot shows the G*Power software interface. The 'Test family' is set to 'F tests' and the 'Statistical test' is 'ANOVA: Repeated measures, within-between interaction'. The 'Type of power analysis' is 'A priori: Compute required sample size - given α , power, and effect size'. The 'Input Parameters' section includes: 'Determine =>' (highlighted), 'Effect size f' (0.4843221), ' α err prob' (0.05), 'Power (1- β err prob)' (0.99), 'Number of groups' (3), 'Number of measurements' (3), 'Corr among rep measures' (0.5), and 'Nonsphericity correction ϵ ' (1). The 'Output Parameters' section includes: 'Noncentrality parameter λ ' (29.5555550), 'Critical F' (2.6335321), 'Numerator df' (4.0000000), 'Denominator df' (36.0000000), 'Total sample size' (21), and 'Actual power' (0.9914420). The 'Calculate' button is highlighted.

Input Parameters		Output Parameters	
Determine =>	Effect size f	0.4843221	B Noncentrality parameter λ
	α err prob	0.05	C Critical F
	Power (1- β err prob)	0.99	D Numerator df
	Number of groups	3	E Denominator df
	Number of measurements	3	F Total sample size
	Corr among rep measures	0.5	G Actual power
	Nonsphericity correction ϵ	1	

Figura 1. Cálculo amostral realizado no *G*Power*. (A) Escolha da ANOVA de medidas repetidas com interação intermediária. (B) Tamanho de efeito $f = 0.48$. (C) Nível de significância = 0.05. (D) $Power = 0.99$. (E) Número de grupos = 3. (F) Número de medidas = 3. (G) Número de participantes.

3.4 Local

O estudo foi realizado no Instituto Trata-Goiânia situado na Rua T-53, 1043 – Setor Bueno, Goiânia, Goiás, CEP: 74215-150.

3.5 Participantes

Os participantes foram recrutados via mídia social, por meio de contato direto com as principais acessórias de corrida da cidade de Goiânia e em corridas presenciais na referida cidade entre agosto de 2020 e janeiro de 2022. A coleta dos dados com os atletas ocorreu entre agosto de 2020 e julho de 2022. Os critérios de inclusão foram: sujeitos de ambos os sexos, com idade entre 18 e 45 anos, que apresentaram dor ao redor ou atrás da patela, com

intensidade acima de 3 pontos na EVA durante a corrida e em pelo menos uma atividade entre agachar, subir e descer degraus, ajoelhar e estender o joelho de forma resistida¹⁵, e que conseguiam correr com velocidade média entre 10-12 Km/hora em uma esteira ergométrica. Os critérios de exclusão foram: apresentar outras doenças nos membros inferiores, antecedentes cirúrgicos nos membros inferiores no último ano, falta de interesse ou disponibilidade para aderir a um programa de retreinamento de corrida por 2 semanas. Atletas com dor unilateral ou bilateral foram incluídos, para aqueles com dor bilateral, somente o membro com maior nível de dor de acordo com a EVA foi considerado para as análises.

3.6 Desfechos

Os desfechos foram avaliados antes (T_0), após 2 semanas (T_2) e após 24 semanas (seis meses) (T_{24}). Os desfechos primários foram a dor usual e na corrida⁶⁴, enquanto os desfechos secundários foram a função do joelho⁶⁵ e os aspectos cinemáticos dos membros inferiores nos planos frontal (queda da pelve e adução do quadril)⁶⁶⁻⁶⁸ e sagital (flexão do joelho, dorsiflexão do tornozelo, inclinação da tíbia e inclinação do pé)^{66,69}. Os ângulos supracitados foram escolhidos devido a possível relação com uma sobrecarga da articulação patelofemoral^{31,70-74}. A associação entre adução do quadril e queda da pelve com dor patelofemoral foi apresentada em uma recente revisão sistemática com metanálise³¹. O pico de flexão do joelho e o ângulo de inclinação do pé estão associados com o aumento do momento extensor do joelho, energia absorvida no joelho e forças de compressão na articulação patelofemoral^{70,73}, enquanto que a inclinação da tíbia está relacionada com a cadência e comprimento do passo que por sua vez estão associados com as forças de compressão na articulação patelofemoral^{71,72,74}.

A aceleração vertical da tíbia e a cadência também foram avaliadas em todos os pontos do tempo do estudo. Estes aspectos foram avaliados inicialmente para se estabelecer os valores que seriam utilizados como feedback para os participantes dos grupos A (aceleração vertical da tíbia) e B (cadência), e posteriormente para verificar as mudanças proporcionadas ao longo do tempo pelos programas.

3.7 Coleta dos dados

Inicialmente, os participantes responderam um questionário sociodemográfico para avaliar se os mesmos eram elegíveis para participar do estudo. O questionário continha perguntas referentes às características gerais como sexo, idade (anos), massa corporal (kg), estatura (m), Índice de Massa Corporal (IMC) (kg/m^2), antecedentes patológicos e cirúrgicos, e características específicas de treinamento como experiência (anos), volume (km/semana), frequência (número de treinos/semana) e quantidade de provas por ano.

A dor usual e na corrida foram avaliadas por meio da EVA⁶⁴. A EVA consiste de uma escala numérica de 0 a 10 pontos, onde 0 significa ausência de dor e 10 significa o máximo de dor já vivenciada pelo sujeito. A função do joelho foi avaliada por meio da Escala de Desordens Patelofemorais (Escala de Kujala)⁶⁵. Esta escala consiste de um questionário traduzido e validado para a língua portuguesa que contém 13 questões que avaliam a severidade dos sintomas e a limitação em diferentes atividades relacionadas à dor patelofemoral. Apresenta uma pontuação entre 0 a 100 onde quanto menor a pontuação pior a função⁶⁵. Dor e função do joelho foram coletadas considerando-se os últimos sete dias.

A cinemática dos membros inferiores nos planos frontal e sagital foi avaliada por meio de um sistema de análise do movimento 2d⁷⁵. Marcadores reflexivos (19 mm) foram colocados no manúbrio do esterno e bilateralmente na espinha ilíaca ântero-superior (EIAS), trocânter maior, epicôndilo lateral do fêmur, pólo superior da patela, cabeça da fíbula e maléolo lateral⁶⁶ (Figura 2).



Figura 2. Posicionamento dos marcadores para coleta dos dados cinemáticos. (A) Vista sagital. (B) Vista frontal.

Todos os participantes foram instruídos a correr em uma velocidade de 10-12 km/hora, com o tênis habitual⁷⁶, em uma esteira motorizada (Movement XL 1600) por 20 segundos.

Foram coletados vídeos digitais usando duas webcams (MyoVideo 139 HD Color Webcam) de amostragem a 30 quadros por segundo e dois leds (LED Floodlight) posicionados de forma perpendicular ao paciente a uma distância de aproximadamente 2-3 m (Figura 3).



Figura 3. Posicionamento das duas câmeras para coleta dos dados cinemáticos. (A) Câmera posicionada para capturar os ângulos do plano sagital. (B) Câmera posicionada para capturar os ângulos do plano frontal.

Os vídeos foram analisados usando o software MyoResearch 3.14 - MyoVideo (Noraxon U.S.A. Inc.). Durante o contato inicial foram avaliados os seguintes ângulos (graus): inclinação do pé e inclinação da tíbia. O contato inicial foi determinado visualmente, avançando frame por frame, e foi definido como a primeira vez em que o pé tocou o chão⁷⁷. O ângulo de inclinação do pé foi definido como o ângulo entre uma linha horizontal e a região plantar do pé⁷⁷. Quanto maior o ângulo maior o valor da inclinação do pé. Valores negativos foram obtidos quando o contato inicial se deu com o antepé. O ângulo de inclinação da tíbia foi definido como o ângulo entre uma linha vertical e uma linha conectando o maléolo lateral com a cabeça da fíbula⁷⁷. Quanto maior o ângulo maior o valor da inclinação da tíbia.

Durante o apoio médio foram avaliados os seguintes ângulos (graus): queda da pelve, adução do quadril, flexão do joelho e dorsiflexão do tornozelo. O apoio médio foi determinado visualmente, avançando o vídeo frame por frame, e foi definido como o ponto em que a perna em balanço cruza a perna de apoio^{67,68}. A queda da pelve contralateral foi definida como o ângulo entre uma linha horizontal e uma linha conectando a EIAS do lado do apoio com a EIAS do lado do balanço⁶⁷. Quanto maior o ângulo maior a queda da pelve contralateral. A adução do quadril foi definida como o ângulo entre uma linha horizontal e uma linha conectando a EIAS com o pólo superior da patela⁶⁷. Quanto menor o ângulo maior

o valor da adução do quadril. A flexão do joelho foi definida como o ângulo formado por uma linha que conectou o trocânter maior do fêmur, côndilo lateral do fêmur e maléolo lateral⁷⁸. Quanto maior o ângulo maior o valor da flexão do joelho. Por fim, a dorsiflexão do tornozelo foi definida como o ângulo entre uma linha vertical e uma linha conectando o maléolo lateral com a cabeça da fíbula. Quanto maior o ângulo maior o valor da dorsiflexão do tornozelo⁶⁶ (Figura 4).

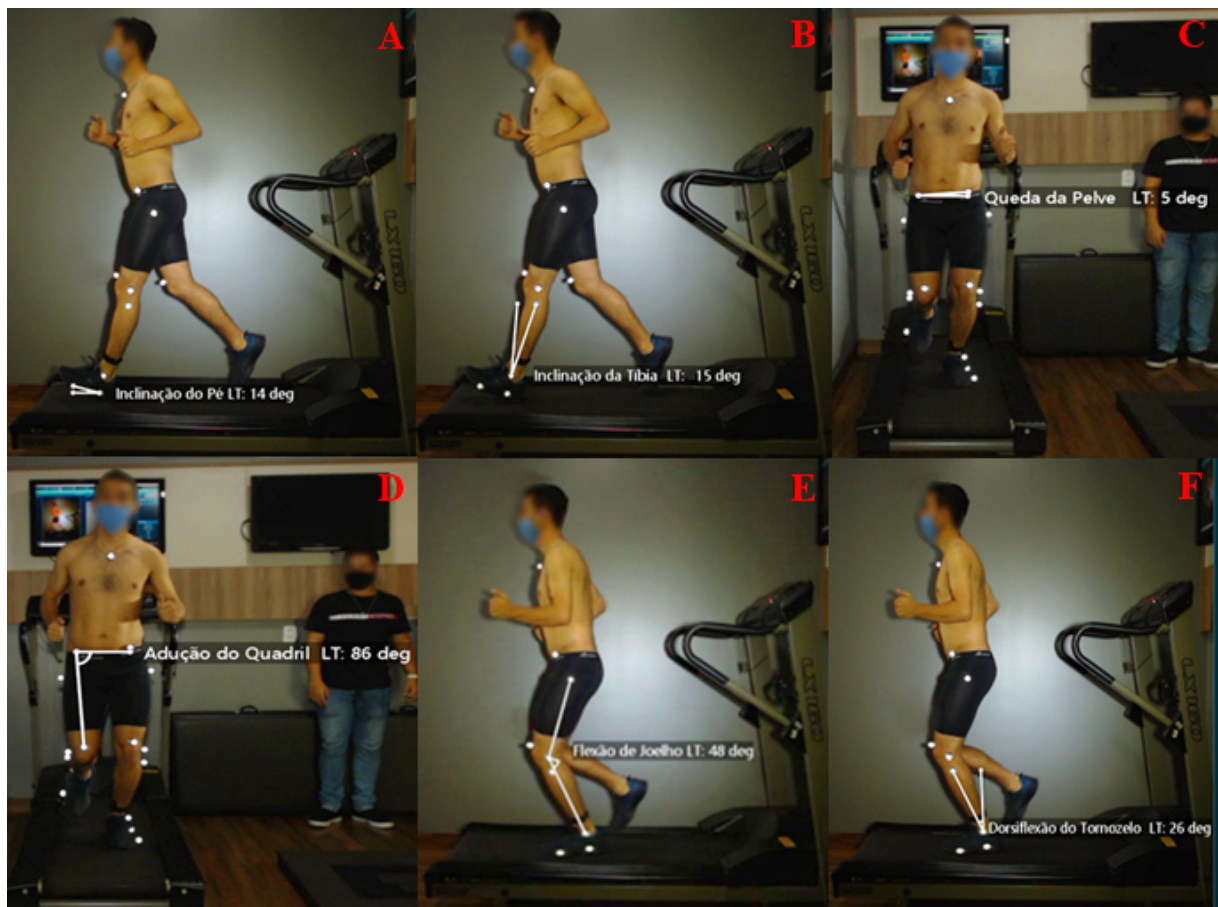


Figura 4. Ângulos coletados nos planos frontal e sagital. (A) Inclinação do pé. (B) Inclinação da tibia. (C) Queda da pelve. (D) Adução do quadril. (E) Flexão do joelho. (F) Dorsiflexão do tornozelo.

Para analisar os ângulos propostos, foram considerados sete passos. Um estudo prévio mostrou que essa foi a quantidade de passos necessária para se alcançar uma média estável⁶⁶. Além disso, uma confiabilidade moderada a excelente, entre o mesmo examinador e entre diferentes examinadores, foi encontrada para todos os ângulos avaliados^{66,67}. Os valores da aceleração vertical da tibia (g) e cadência (passos/minutos) foram mensurados por meio do acelerômetro Tgforce (v2.0.0.10)⁷⁹ que foi posicionado no aspecto anteromedial da tibia³⁹ (Figura 5).



Figura 5. Instrumento utilizado para avaliação da aceleração vertical da tíbia e cadência. (A) Acelerômetro Tgforce e velcro utilizado para posicionar o dispositivo na tíbia. (B) Acelerômetro Tgforce posicionado no aspecto anteromedial da tíbia (B).

O dispositivo foi conectado via Bluetooth com um celular (Iphone 6) utilizado para esse fim. Um estudo recente avaliou a validade de diferentes acelerômetros disponíveis no mercado e encontrou que o Tgforce foi uma ferramenta válida para mensurar tanto a aceleração da tíbia quanto a cadência. Uma alta correlação foi encontrada com a taxa de carga vertical instantânea e cadência mensurada por meio de uma esteira instrumentada e sistema de captura do movimento 3d⁷⁹.

3.8 Randomização e alocação

Os participantes foram randomizados nos grupos experimentais e controle com uma taxa de alocação de 1:1:1. Foi utilizada uma randomização em bloco (2 blocos de 15). A randomização foi realizada por meio de uma sequência numérica gerada no site www.randomizer.org. A alocação foi feita por meio de envelopes opacos, selados e numerados consecutivamente. Um funcionário do Instituto Trata-Goiânia que não participou do estudo gerou a sequência de alocação, ocultou a alocação e alocou os participantes para os grupos.

3.9 Cegamento

O pesquisador que realizou as avaliações não teve conhecimento da alocação dos participantes nos grupos do estudo. Devido à natureza da intervenção, tanto os participantes quanto o pesquisador responsável por conduzir os programas de retreinamento de corrida não foram cegos. Os corredores foram instruídos a não revelarem o grupo em que foram alocados nas avaliações subsequentes. De forma complementar, os atletas foram instruídos a realizarem as sessões de retreinamento sozinhos. Tais medidas foram utilizadas para minimizar o risco de se revelar a alocação para o avaliador e outros participantes do estudo.

3.10 Intervenções

Nos grupos experimentais, o protocolo foi realizado quatro vezes por semana, com duração gradual de 15 a 30 minutos, durante duas semanas. Foram realizadas duas sessões supervisionadas (primeira e quinta) e seis sessões não supervisionadas. As sessões supervisionadas foram realizadas em uma esteira na clínica, enquanto que as sessões não supervisionadas foram realizadas na rua em local de escolha do corredor. Nas últimas 4 sessões o feedback foi removido de forma gradual. Os participantes realizaram o protocolo em uma velocidade confortável e podiam realizar treinos concomitantes ao programa. O formato com redução gradual do feedback foi escolhido, pois evita a dependência de feedback externo e produz retenção do padrão aprendido no longo prazo⁵² (Figura 6).

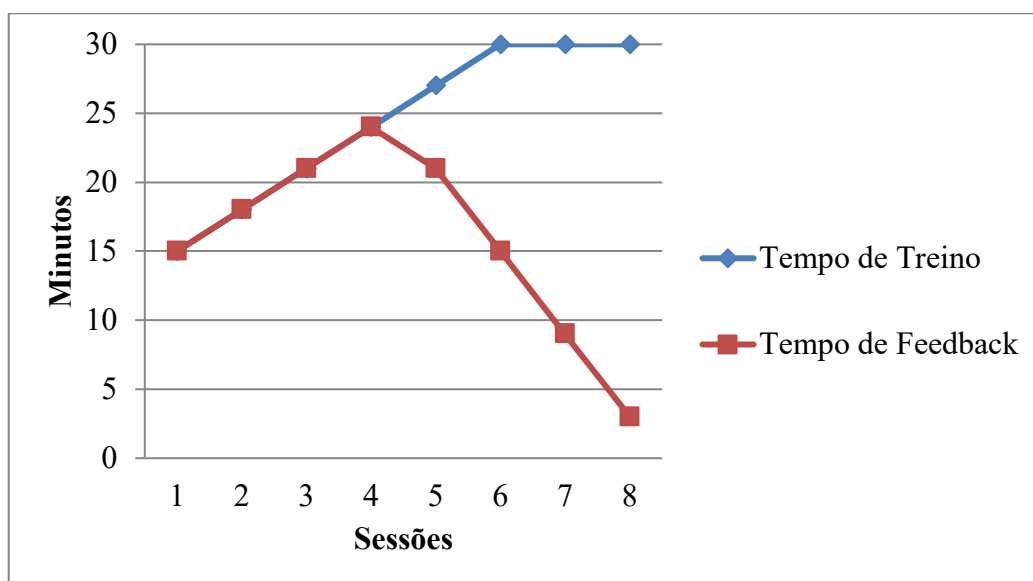


Figura 6. Protocolo utilizado pelos participantes dos grupos A e B.

Efeitos adversos foram coletados ao longo do protocolo. Na presença de dor musculoesquelética oriunda do programa os atletas foram orientados a reduzir o volume de corrida. De forma adicional os sujeitos foram orientados a manter o novo padrão durante os seis meses seguintes.

3.10.1 Grupo A

Os participantes do grupo A receberam feedback visual (aceleração vertical da tíbia) e verbal (comando dado pelo pesquisador) durante as sessões supervisionadas. Uma televisão posicionada na frente da esteira espelhava o gráfico em tempo real com o pico da aceleração vertical da tíbia capturado pelo Tgforce conectado ao celular. Na tela, os corredores viam uma linha que representava aproximadamente 50% do pico de aceleração da tíbia mensurado durante a avaliação inicial^{39,40}. Os sujeitos foram instruídos a “correr de forma suave”, “dar passos silenciosos” e manter o pico de aceleração da tíbia abaixo da linha mostrada na tela^{39,40,44} (Figura 7).



Figura 7. Retreinamento de corrida com foco no impacto. (A) Participante ajustando a técnica de corrida com base no pico de aceleração vertical da tíbia. (B) Tela visualizada pelo participante durante a sessão supervisionada com a linha vermelha, em 50% do pico de aceleração da tíbia avaliado anteriormente.

Durante as sessões não supervisionadas os participantes receberam feedback auditivo. Inicialmente os corredores foram treinados sobre como posicionar o Tgforce de forma correta no aspecto anteromedial da tíbia, como conectar o dispositivo ao celular para realizar as sessões e como iniciar e finalizar os treinos com o dispositivo. O valor que representava 50% do pico de aceleração da tíbia coletado durante a avaliação inicial foi ajustado no celular pelo pesquisador para que os corredores pudessem realizar o programa de forma adequada. Posteriormente, o celular com o aplicativo Tgforce foi entregue aos sujeitos juntamente com um fone de ouvido para que os mesmos pudessem realizar as sessões em casa. Um áudio (*beep*) (<https://youtube.com/shorts/Kf9GX38WLME?feature=share>) foi gerado quando o pico de aceleração da tíbia excedia 50% do valor inicialmente mensurado durante a avaliação inicial. Os atletas foram instruídos a “correr de forma suave”, “dar passos silenciosos” e “correr sem a presença de *beeps*”. De forma adicional, todos foram orientados a correr com o novo padrão durante os seis meses seguintes.

3.10.2 Grupo B

Os participantes do grupo B receberam feedback auditivo (cadência) e verbal (comando dado pelo pesquisador) durante as sessões supervisionadas. Uma televisão posicionada na frente da esteira espelhava o áudio em tempo real de um metrônomo (aplicativo gratuito – *Metronome*) conectado ao celular. Os corredores ouviam sinais sonoros que refletiam a cadência mensurada durante a avaliação inicial ajustada com um aumento de 7.5-10%^{45,62,80} (<https://youtube.com/shorts/uvEVvNUUTIY?feature=share>). O pesquisador instruiu os sujeitos a “acompanhar o ritmo” e “dar passos mais curtos”. Durante as sessões não supervisionadas os participantes também receberam feedback auditivo. Inicialmente os atletas realizaram o download no próprio celular do Metrônomo (aplicativo gratuito - *Metronome*) e foram orientados sobre como utilizar o mesmo de forma adequada para realizar as sessões. O valor que representava um aumento de 7.5-10% da cadência coletada durante a avaliação inicial foi ajustado no celular pelo pesquisador para que os corredores pudessem realizar o programa de forma adequada. Os sujeitos foram orientados a realizar os treinos com um fone de ouvido para que os sinais sonoros pudessem ser ouvidos de forma clara e o ritmo pudesse ser facilmente ajustado. Os atletas escutaram os mesmos sinais sonoros que refletiam a cadência mensurada durante a avaliação inicial ajustada com aumento de 7.5-10%, que

foram utilizados na sessão supervisionada. Todos foram instruídos a “acompanhar o ritmo” e “dar passos mais curtos”. De forma adicional, todos foram orientados a correr com o novo padrão durante os seis meses seguintes.

3.10.3 Grupo C

Os participantes do grupo C não receberam nenhuma intervenção e somente compareceram para avaliações após duas semanas e seis meses. Ao final da última avaliação, orientações foram dadas para auxiliar com a dor patelofemoral. Estas foram realizadas considerando-se a avaliação biomecânica realizada e também as melhores evidências disponíveis de tratamento para essa condição²⁶.

3.11 Análise estatística

A análise dos dados foi realizada no SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versão 26.0. Estatística descritiva consistiu do cálculo de média e desvio padrão para as variáveis quantitativas e frequência e porcentagem para as variáveis qualitativas. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e a esfericidade por meio do teste de Mauchly. As características gerais dos participantes foram comparadas utilizando a ANOVA de uma via (dados paramétricos), teste de Kruskal-Wallis (dados não paramétricos) e teste exato de Fisher (dados categóricos). Para os desfechos primários e secundários, diferenças entre grupos (efeito do tratamento) e Intervalos de Confiança de 95% (IC 95%) foram calculadas por meio da ANOVA de medidas repetidas (grupo x tempo). Grupo (A x B x C) foi utilizado como variável independente, tempo (T_0 x T_2 x T_{24}) como medida repetida e os desfechos primários e secundários como variáveis dependentes. Post-hoc de Sidak foi utilizado para realizar as comparações entre os pares. Nível de significância de $p < 0,05$ foi utilizado para todas as análises.

Tamanho de efeito foi calculado para a ANOVA por meio do *eta-partial square* generalizado (η^2G). O η^2G é recomendado para estudos com *design* misto⁸¹. Valor de $\eta^2G > 0,01$ foi considerado como pequeno, $\eta^2G > 0,06$ como moderado e $\eta^2G > 0,14$ como grande⁸². De forma adicional, tamanho de efeito foi calculado para as comparações entre os pares por meio do *g* de Hedges (*g*). O *g* de Hedges é ideal para estudos com amostras pequenas⁸³. Valor de *g* = 0,2 foi considerado como pequeno, *g* = 0,5 como moderado e *g* = 0,8 como grande⁸². Análise por intenção de tratar foi realizada com os dados de todos os participantes randomizados. Dados perdidos foram substituídos por meio de imputação múltipla. Para cada variável com dado perdido, cinco bancos de dados foram criados e posteriormente agrupados

respeitando-se o grupo na qual o participante foi alocado. A imputação múltipla é um método válido e utilizado para estudos observacionais e ensaios clínicos randomizados⁸⁴.

4 RESULTADOS

4.1 Recrutamento e acompanhamento

De um total de 71 corredores avaliados, 30 foram recrutados e alocados em um dos três grupos do estudo. Em T₂, um participante do grupo A (taxa de seguimento = 90%) se retirou do estudo devido a uma fratura no pé direito não relacionada ao programa e um participante do grupo B (taxa de seguimento = 90%) se retirou do estudo devido a razões não reveladas. Dados cinemáticos não foram coletados em um corredor do grupo B que apresentou uma entorse lateral do tornozelo na semana da avaliação. Em T₂₄, outros dois participantes do grupo A (taxa de seguimento = 70%) se retiraram do estudo, um devido a um acidente vascular cerebral e outro por restrições de tempo, e dois se retiraram do grupo C (taxa de seguimento = 80%) devido a restrições de tempo. Dados cinemáticos não foram coletados em um corredor do grupo B e um do grupo C devido à falta de disponibilidade na semana da avaliação (Figura 8).

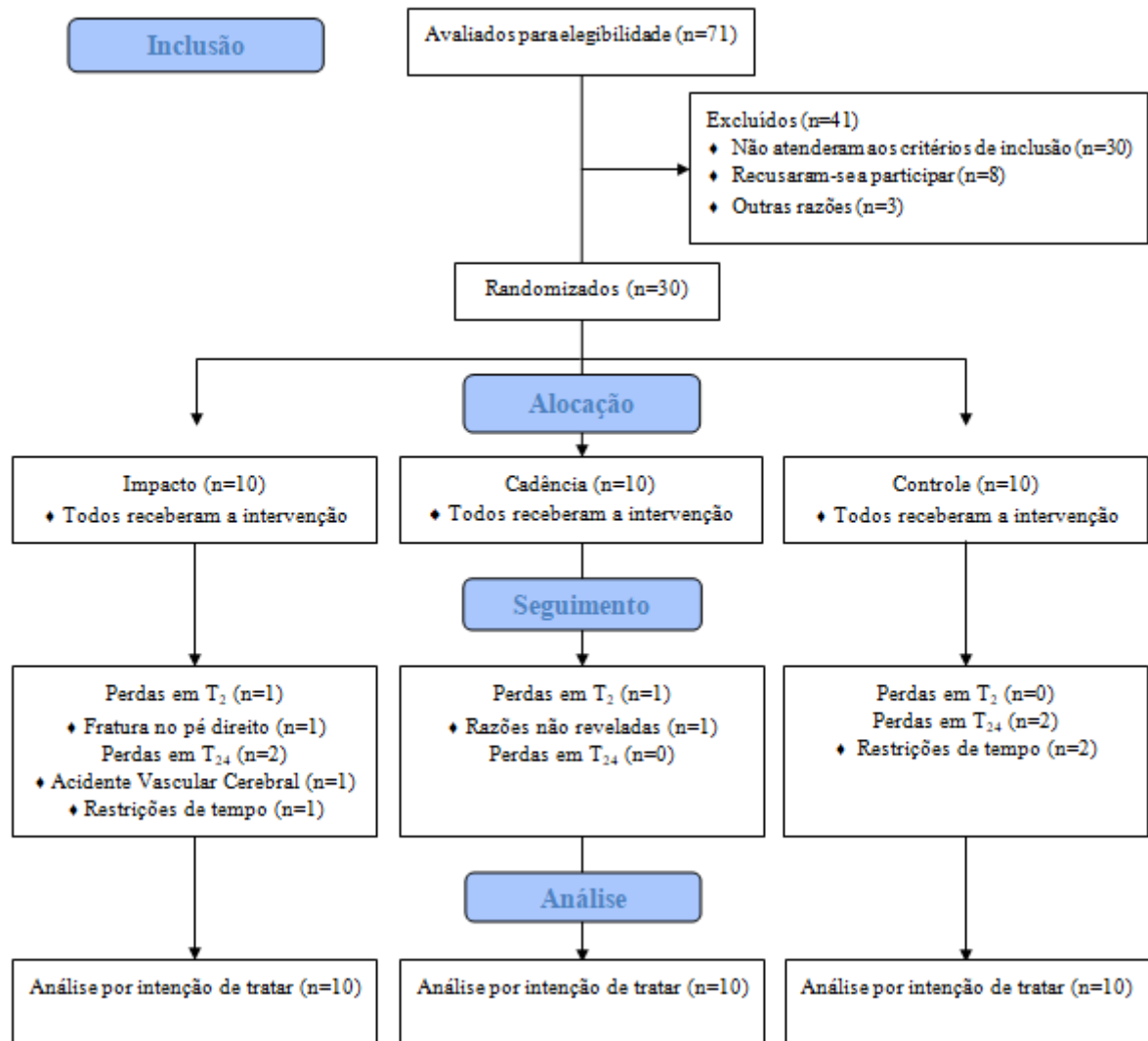


Figura 8. Fluxograma dos participantes do estudo. T₂ = semana 2; T₂₄ = semana 24 (6 meses).

4.2 Dados demográficos, dor, função e biomecânica da corrida

Os grupos apresentaram proporção similar de homens e mulheres e média de idade de 30 anos. Os participantes do grupo controle apresentaram-se com sobrepeso. A maioria dos atletas praticava o esporte há mais de um ano, com baixo volume de corrida e frequência de treinos de três vezes por semana. Os corredores iniciaram o estudo com níveis moderados de dor e incapacidade, e apresentaram similaridade quanto a cinemática dos membros inferiores avaliada nos planos frontal e sagital, aceleração vertical da tíbia e cadência. Diferenças entre os grupos não foram encontradas para os dados demográficos, dor, função do joelho e biomecânica da corrida ($p > 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Características gerais dos participantes do estudo (n = 30)

Variáveis	A (n = 10)	B (n = 10)	C (n = 10)	p
Dados demográficos				
Sexo				0,873
Homens	5 (50%)	6 (60%)	6 (60%)	
Mulheres	5 (50%)	4 (40%)	4 (40%)	
Idade (anos)	32,1 (5,8)	30,2 (5,3)	29,0 (4,4)	0,426
Massa corporal (kg)	72,3 (13,3)	73,7 (20,1)	81,6 (20,9)	0,487
Altura (m)	1,70 (0,1)	1,74 (0,1)	1,72 (0,1)	0,717
Índice de Massa Corporal (kg/m ²)	24,7 (2,2)	23,8 (3,7)	27,1 (4,8)	0,169
Dados de treinamento				
Experiência na corrida				0,321
>1 ano	8 (80%)	10 (100%)	7 (70%)	
<1 ano	2 (20%)	0 (0%)	3 (30%)	
Volume (km/semana)	20,6 (15,2)	12,1 (12,6)	15,3 (9,9)	0,170
Frequência (vezes/semana)	3 (0,8)	3 (1,6)	3,1 (1,1)	0,766
Dor e função do joelho				
Dor usual (0-10)	3,5 (2,2)	4,5 (2,3)	4,4 (2,2)	0,607
Dor na corrida (0-10)	5,4 (1,5)	6,1 (1,1)	5,6 (2,1)	0,657
Escala de Kujala (0-100)	82,7 (6,9)	84,6 (7,8)	76,6 (12,2)	0,152
Biomecânica da corrida				
Aceleração da tíbia (g)	7,1 (2,4)	6,3 (1,6)	7 (1,8)	0,602
Cadência (passos/min)	172,4 (9,9)	167,6 (6,4)	168,4 (7,1)	0,365
Queda da pelve (°)	4,7 (2,8)	5,2 (1,5)	6,4 (3,5)	0,181
Adução do quadril (°)	75,3 (4,7)	78,4 (3,2)	76,1 (6,4)	0,363
Flexão do joelho (°)	43,9 (4,6)	42,3 (5,1)	42,3 (4,5)	0,612
Dorsiflexão (°)	27,4 (4,6)	26,7 (3,5)	25 (2,8)	0,460
Inclinação da tíbia (°)	9,5 (2,6)	7,2 (4,4)	7,7 (2,9)	0,393
Inclinação do pé (°)	11,4 (4,4)	8,3 (8,6)	11,5 (4,2)	0,420

Dados categóricos expressos como frequência (%). Dados contínuos expressos como média (DP). Grupo A = retreinamento com foco no impacto; Grupo B = Retreinamento com foco na cadência; Grupo C = Grupo Controle.

4.3 Efeitos dos programas de retreinamento de corrida sobre a dor e função do joelho

Interações estatisticamente significantes entre grupo e tempo com tamanho de efeito moderado foram encontradas para a dor na corrida ($p = 0,010$; $\eta^2G = 0,10$) e função do joelho ($p = 0,019$; $\eta^2G = 0,09$). Os participantes que realizaram ambos os programas de retreinamento de corrida apresentaram melhora na dor na corrida quando comparados ao grupo controle seis meses após o protocolo (Grupo A $p = 0,001$, $g = -2,34$; Grupo B $p = 0,002$, $g = -1,66$). Os corredores alocados no grupo impacto apresentaram melhoras na função do joelho quando comparados aos corredores do grupo controle imediatamente após o protocolo ($p = 0,027$, $g = 1,22$). Interação estatisticamente significativa entre grupo e tempo não foi encontrada para a dor usual ($p = 0,127$). De forma complementar, tamanho de efeito pequeno foi apresentado ($\eta^2G = 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Média (DP), diferença da média e intervalos de confiança de 95% para a dor usual, dor na corrida e função do joelho (n = 30)

Variáveis	Média (DP)			p	η^2G	Diferença da média (Intervalo de Confiança de 95%)		
	A (n = 10)	B (n = 10)	C (n = 10)			A x C	B x C	A x B
Dor usual (0-10)								
T ₀	3,5 (2,2)	4,5 (2,3)	4,4 (2,2)	0,127	0,05	-0,9 (-3,4 to 1,7)	0,1 (-2,5 to 2,6)	-1,0 (-3,5 to 1,6)
T ₂	0,7 (0,7)	1,3 (1,2)	3,5 (2,4)			-2,8 (-4,6 to -0,9)	-2,2 (-4,1 to -0,3)	-0,6 (-2,4 to 1,2)
T ₂₄	0,5 (0,6)	1,0 (1,4)	2,0 (2,0)			-1,5 (-3,2 to 0,2)	-1 (-2,7 to 0,6)	-0,5 (-2,1 to 1,2)
Dor na corrida (0-10)								
T ₀	5,4 (1,5)	6,1 (1,1)	5,6 (2,1)	0,010*	0,10	-0,2 (-2,1 to 1,7)	0,5 (-1,4 to 2,3)	-0,7 (-2,5 to 1,2)
T ₂	2,5 (2,4)	2,9 (2,4)	5,1 (2,7)			-2,5 (-5,4 to 0,2)	-2,1 (-4,9 to 0,7)	-0,4 (-3,3 to 2,3)
T ₂₄	1,2 (1,3)	1,5 (2,0)	4,5 (1,4)			-3,2 (-5,1 to -1,3)†	-2,9 (-4,8 to -1)†	-0,3 (-2,2 to 1,5)
Kujala (0-100)								
T ₀	82,7 (6,9)	84,6 (7,8)	76,6 (12,2)	0,019*	0,09	6,1 (-4,4 to 16,6)	8 (-2,5 to 18,5)	-1,9 (-12,4 to 8,6)
T ₂	86,7 (7,1)	84,9 (8,7)	75,9 (9,7)			10,8 (1,0 to 20,6)†	9,0 (-0,8 to 18,8)	1,8 (-7,9 to 11,6)
T ₂₄	89,5 (8,1)	84,3 (10,5)	88,6 (5,4)			0,9 (-8,4 to 10,3)	-4,3 (-13,7 to 5,1)	5,2 (-4,1 to 14,6)

Grupo A = retreinamento com foco no impacto; Grupo B = Retreinamento com foco na cadência; Grupo C = Grupo Controle. T₀ = Avaliação inicial; T₂ = semana 2; T₂₄ = semana 24 (6 meses). *Interação estatisticamente significativa entre grupo e tempo ($p < 0,05$). $\eta^2G > 0,01$ = efeito pequeno, $\eta^2G > 0,06$ = efeito moderado e $\eta^2G > 0,14$ = efeito grande. †Diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

4.4 Efeitos dos programas de retreinamento de corrida sobre a biomecânica da corrida

Interações estatisticamente significantes entre grupo e tempo com tamanho de efeito moderado foram encontradas para a aceleração vertical da tíbia ($p = 0,029$; $\eta^2G = 0,06$) e cadência ($p = 0,004$; $\eta^2G = 0,07$). Os participantes que realizaram ambos os programas de retreinamento de corrida reduziram o pico de aceleração vertical da tíbia quando comparados ao grupo controle seis meses após o protocolo (Grupo A $p = 0,009$, $g = -1,28$; Grupo B $p = 0,033$, $g = -1,10$). De forma similar, participantes de ambos os programas de retreinamento de corrida aumentaram a cadência quando comparados ao grupo controle seis meses após o protocolo (Grupo A $p = 0,020$, $g = 2,1$; Grupo B $p = 0,016$, $g = -1,09$). Uma interação estatisticamente significativa entre grupo e tempo com tamanho de efeito moderado foi encontrada para a dorsiflexão do tornozelo ($p = 0,001$; $\eta^2G = 0,08$), todavia as comparações por pares não mostraram uma real diferença entre os grupos ($p > 0,05$). Interações estatisticamente significantes entre grupo e tempo não foram encontradas para a queda da pelve ($p = 0,605$), adução do quadril ($p = 0,379$), flexão do joelho ($p = 0,264$), inclinação da tíbia ($p = 0,699$) e inclinação do pé ($p = 0,699$). Tamanho de efeito pequeno foi apresentado para estas variáveis ($\eta^2G < 0,02$) (Tabela 3).

Tabela 3. Média (DP), diferença da média e intervalos de confiança de 95% para a biomecânica da corrida (n = 30)

Variáveis	Média (DP)			p	η^2G	Diferença da média (Intervalo de Confiança de 95%)		
	A (n = 10)	B (n = 10)	C (n = 10)			A x C	B x C	A x B
Aceleração da tíbia (g)								
T ₀	7,1 (2,4)	6,3 (1,6)	7,0 (1,8)	0,029*	0,06	0,1 (-2,1 to 2,2)	-0,7 (-2,9 to 1,5)	0,8 (-1,4 to 3,0)
T ₂	6,1 (2,3)	6,9 (1,9)	6,6 (1,6)			-0,5 (-2,7 to 1,7)	0,3 (-1,9 to 2,5)	-0,8 (-3,0 to 1,4)
T ₂₄	5,6 (0,9)	5,9 (0,8)	7,5 (1,8)			-1,9 (-3,3 to -0,4)†	-1,6 (-3,0 to -0,1)†	-0,3 (-1,7 to 1,1)
Cadência (passos/min)								
T ₀	172,4 (9,9)	167,6 (6,4)	168,4 (7,1)	0,004*	0,07	4 (-5,0 to 13,0)	-0,8 (-9,8 to 8,3)	4,8 (-4,2 to 13,8)
T ₂	173,3 (9,8)	176,8 (7,3)	169,2 (6,6)			4,1 (-5,0 to 13,2)	7,6 (-1,5 to 16,8)	-3,5 (-12,7 to 5,6)
T ₂₄	179,0 (2,1)	179,3 (11,1)	169,0 (6,4)			10 (1,3 to 18,5)†	10,3 (1,6 to 18,8)†	-0,3 (-8,8 to 8,2)
Queda da pelve (°)								
T ₀	4,7 (2,8)	5,2 (1,5)	6,4 (3,5)	0,605	0,01	-1,7 (-4,8 to 1,4)	-1,2 (-4,4 to 1,8)	-0,4 (-3,5 to 2,7)
T ₂	3,7 (2,0)	4,9 (1,2)	6,6 (2,8)			-2,8 (-5,3 to -0,4)	-1,7 (-4,1 to 0,7)	-1,1 (-3,6 to 1,2)
T ₂₄	4,8 (3,2)	6,6 (2,1)	7,8 (2,5)			-2,9 (-6 to 0,1)	-1,1 (-4,2 to 1,9)	-1,8 (-4,9 to 1,2)
Adução do quadril (°)								
T ₀	75,3 (4,7)	78,4 (3,2)	76,1 (6,4)	0,379	0,01	-0,8 (-6,5 to 4,8)	2,2 (-3,4 to 7,9)	-3,1 (-8,8 to 2,5)
T ₂	77,4 (3,9)	78,6 (2,3)	75,9 (5,4)			1,5 (-3,1 to 6,2)	2,7 (-1,9 to 7,3)	-1,1 (-5,8 to 3,5)
T ₂₄	74,8 (4,5)	76,7 (2,0)	75,3 (6,6)			-0,5 (-5,9 to 4,9)	1,3 (-4,1 to 6,8)	-1,8 (-7,3 to 3,6)
Flexão do joelho (°)								
T ₀	43,9 (4,6)	42,3 (5,1)	42,3 (4,5)	0,264	0,02	1,6 (-3,7 to 7,0)	0 (-5,4 to 5,4)	1,6 (-3,7 to 7,0)
T ₂	44,9 (6,0)	39,5 (4,8)	42,3 (5,1)			2,6 (-3,5 to 8,7)	-2,7 (-8,9 to 3,3)	5,4 (-0,7 to 11,5)
T ₂₄	42,5 (5,0)	40,8 (5,2)	40,4 (2,7)			2,0 (-3,0 to 7,1)	0,4 (-4,6 to 5,5)	1,6 (-3,4 to 6,7)
Dorsiflexão (°)								
T ₀	27,4 (4,6)	26,7 (3,5)	25 (2,8)	0,001*	0,08	2,4 (-1,8 to 6,6)	1,7 (-2,5 to 5,9)	0,7 (-3,5 to 4,9)
T ₂	27,8 (3,7)	25,9 (4,3)	25,1 (3,7)			2,7 (-1,7 to 7,1)	0,7 (-3,7 to 5,2)	1,9 (-2,5 to 6,4)
T ₂₄	26,8 (3,2)	25,5 (3,5)	28,9 (2,3)			-2,1 (-5,5 to 1,4)	-3,4 (-6,8 to 0,1)	1,3 (-2,1 to 4,8)
Inclinação da tíbia (°)								
T ₀	9,5 (2,6)	7,2 (4,4)	7,7 (2,9)	0,616	0,01	1,7 (-2,1 to 5,6)	-0,5 (-4,4 to 3,4)	2,2 (-1,6 to 6,1)
T ₂	10,5 (4,7)	5,9 (3,6)	8,2 (2,9)			2,2 (-2,1 to 6,6)	-2,3 (-6,7 to 2,1)	4,5 (0,1 to 9,0)
T ₂₄	8,8 (2,8)	6,5 (6,3)	6,8 (3,9)			1,9 (-3,3 to 7,2)	-0,3 (-5,6 to 4,9)	2,3 (-2,9 to 7,5)

Inclinação do pé (°)								
T ₀	11,4 (4,4)	8,3 (8,6)	11,5 (4,2)			-0,1 (-6,9 to 6,7)	-3,2 (-10,2 to 3,7)	3,1 (-3,8 to 10,1)
T ₂	11,8 (5,5)	6,1 (6,5)	11,3 (3,6)	0,699	0,00	0,4 (-5,6 to 6,5)	-5,1 (-11,4 to 1,0)	5,6 (-0,5 to 11,9)
T ₂₄	9,4 (4,6)	3,0 (11,4)	7,3 (6,0)			2,0 (-6,8 to 10,9)	-4,3 (-13,4 to 4,7)	6,4 (-2,6 to 15,5)

Grupo A = retreinamento com foco no impacto; Grupo B = Retreinamento com foco na cadência; Grupo C = Grupo Controle. T₀ = Avaliação inicial; T₂ = semana 2; T₂₄ = semana 24 (6 meses). *Interação estatisticamente significativa entre grupo e tempo ($p < 0,05$). $\eta^2G > 0,01$ = efeito pequeno, $\eta^2G > 0,06$ = efeito moderado e $\eta^2G > 0,14$ = efeito grande. †Diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

5 DISCUSSÃO

A hipótese sobre os efeitos dos programas de retreinamento de corrida sobre a dor usual, dor na corrida e função foram parcialmente confirmadas. Os programas reduziram a dor usual, porém tal redução não foi superior à realização de nenhuma intervenção em ambos os pontos do tempo avaliados no estudo. Os programas reduziram a dor na corrida, porém tal redução foi superior à realização de nenhuma intervenção somente seis meses após o protocolo. O programa com foco no impacto apresentou uma ligeira melhora na função e esta foi superior à realização de nenhuma intervenção somente imediatamente após o protocolo.

Dois estudos avaliaram os efeitos de programas de retreinamento de corrida com foco sobre a adução do quadril em corredores com dor patelofemoral^{34,35}. Os autores encontraram que um protocolo supervisionado de duas semanas proporcionou mudanças na dor na corrida e função de forma imediata e que tais resultados foram mantidos após 1^{34,35} e 3 meses³⁵. Outro estudo avaliou os efeitos de três programas de retreinamento de corrida e encontrou que protocolos supervisionados de duas semanas com foco na cadência, contato inicial com o antepé e inclinação de tronco proporcionaram mudanças na dor usual e função de forma imediata e 6 meses após o protocolo³⁶. Por fim, um programa parcialmente supervisionado, com 6 semanas, com foco na cadência, encontrou mudanças na dor usual imediatamente após a intervenção, porém reportou efeito pequeno sobre a função⁴⁶.

Quanto a ensaios clínicos randomizados, somente duas pesquisas com foco na cadência avaliaram os efeitos do retreinamento de corrida em desfechos clínicos. Um estudo comparou o retreinamento de corrida associado ao uso de tênis minimalista com um grupo que utilizou órteses pré-fabricadas⁴⁷, enquanto outro estudo comparou o retreinamento de corrida associado à educação em dor com um grupo que realizou somente educação em dor⁴⁵. O primeiro estudo encontrou diferenças entre os grupos para a pior dor na última semana e função após a intervenção, porém não encontrou diferenças para a dor média na última semana⁴⁷. O segundo estudo não encontrou diferenças entre os grupos para dor usual, dor na corrida e função de forma imediata e após três meses⁴⁵.

Os nossos resultados corroboram com a literatura na medida em que mostram que mudanças na dor usual, dor na corrida e função são encontradas após a realização de programas de retreinamento de corrida^{34-36,45-47}, e que estas são limitadas ao se comparar com a realização de intervenções mínimas como uso de órteses pré-fabricadas⁴⁷ e educação em dor⁴⁵. Evidências consistentes suportam os efeitos de programas multimodais sobre a dor usual, dor durante atividades funcionais e função no curto e longo prazo em sujeitos com dor

patelofemoral²⁷. Todavia, até mesmo nestes programas, uma recuperação incompleta após três e doze meses foi relatada por 54% e 40% dos pacientes respectivamente²⁴. A especificidade do retreinamento de corrida atuando somente nos aspectos biomecânicos, pode justificar os efeitos limitados sobre os sintomas de pacientes com dor patelofemoral devido ao caráter multifatorial e crônico dessa condição.

A hipótese sobre os efeitos dos programas de retreinamento de corrida sobre a cinemática dos membros inferiores nos planos frontal e sagital foram refutadas. Os programas não modificaram a queda da pelve, adução do quadril, flexão de joelho, dorsiflexão do tornozelo, inclinação da tibia e inclinação do pé de forma imediata ou seis meses após as intervenções.

Quanto à cinemática no plano frontal, dois programas de retreinamento de corrida que utilizaram um protocolo supervisionado de duas semanas com foco na adução do quadril reduziram com sucesso essa variável e a queda da pelve contralateral de corredores com dor patelofemoral^{34,35}. Protocolos supervisionados de duas semanas com foco na inclinação do tronco e mudança para um contato com o antepé, não encontraram diferenças na adução do quadril de forma imediata ou seis meses após o protocolo³⁶. Os resultados para protocolos com foco na cadência são conflitantes, um programa parcialmente supervisionado com duração de 6 semanas relatou mudanças significantes na adução do quadril de forma imediata⁴⁶, enquanto um programa totalmente supervisionado de duas semanas não encontrou diferenças na adução do quadril imediatamente e 6 meses após³⁶.

Quanto à cinemática no plano sagital, mudanças no ângulo de inclinação do pé foram encontradas em protocolos supervisionados ou parcialmente supervisionados, cujo foco foi a mudança do padrão de contato inicial do retopé para o antepé^{36,37} ou quando os corredores foram instruídos a correr descalços⁵⁰, orientação esta que leva os mesmos a adotarem um padrão de contato inicial com o antepé. Um protocolo supervisionado de duas semanas com foco na inclinação do tronco não encontrou mudanças no ângulo de inclinação do pé e flexão de joelho de forma imediata ou seis meses após. Os resultados para protocolos com foco na cadência foram similares aos encontrados na cinemática do plano frontal, redução na flexão de joelho foi reportada em um programa parcialmente supervisionado de 6 semanas⁴⁶ e não foram encontradas em um protocolo supervisionado de duas semanas³⁶.

Por mais que as hipóteses iniciais foram refutadas, os nossos resultados corroboram com a literatura na medida em que mostram que independentemente do formato utilizado (supervisionado ou parcialmente supervisionado), programas de duas semanas não são capazes de modificar aspectos cinemáticos quando estes não são o foco do retreinamento³⁶.

Os programas com foco na adução do quadril foram realizados em corredores com adução do quadril maior que 20° e os valores após a intervenção ainda foram superiores aos reportados no nosso estudo^{34,35}. Mesmo em sujeitos com adução excessiva, os valores retornaram próximo à avaliação inicial no curto prazo. Programa com foco na cadência com duração de 6 semanas produziu mudanças tanto na cinemática do plano frontal, quanto no plano sagital⁴⁶, tais resultados podem indicar que um período maior de retreinamento seja necessário para se produzir mudanças nessas variáveis, quando não abordadas de forma direta.

A hipótese sobre os efeitos dos programas de retreinamento de corrida sobre a aceleração vertical da tíbia e cadência foram parcialmente confirmadas. Acreditava-se que os protocolos parcialmente supervisionados promoveriam uma redução do pico da aceleração vertical da tíbia e aumento da cadência de forma imediata, e que haveria retenção do padrão adquirido durante seis meses, porém diferenças com o grupo controle foram encontradas somente após 6 meses.

Quanto à aceleração vertical da tíbia, três estudos investigaram os efeitos do protocolo supervisionado com duas semanas em corredores que apresentaram valor acima de 8 g para essa variável^{39,40,41}. Feedback visual em 50 e 80% do pico de aceleração da tíbia foi fornecido aos corredores. Os autores encontraram reduções de forma imediata (26-48%), e que os resultados foram mantidos após 1 (44%), 6 (31%) e 12 (26%) meses. Outro estudo incluiu corredores com aceleração vertical da tíbia acima de 9 g e encontrou diferenças significantes de forma imediata (31%) e após 1 mês (22%) entre um grupo que realizou um programa de 3 semanas com feedback em 50% do pico de aceleração da tíbia e um grupo controle que não realizou nenhuma intervenção⁸⁶.

Quatro estudos avaliaram os efeitos de programas com base na cadência em corredores com dor patelofemoral^{36,45,46,47}. Um protocolo supervisionado de 8 semanas⁴⁵ aumentou efetivamente a cadência em 7% e encontrou diferenças com o grupo que realizou somente educação em dor. Um protocolo parcialmente supervisionado de 6 semanas⁴⁶ reportou um aumento de 7,8% na cadência após a intervenção. O estudo de Dos Santos e colaboradores³⁶ não apresentou os valores obtidos após o programa, porém os autores reportaram que não foram encontradas diferenças ao se comparar com grupos cujo objetivo não era modificar esta variável. Por fim, Bonacci e colaboradores⁴⁷ não apresentaram os valores obtidos após o programa ou reportaram diferenças com o grupo que usou órtese pré-fabricada.

Tais resultados podem indicar que uma interação entre a forma e o tempo de retreinamento pode determinar se o corredor irá adquirir ou não o padrão de corrida desejado

imediatamente após o programa. Protocolo parcialmente supervisionado de seis semanas⁴⁶ promoveu mudanças significantes na cadência. O nosso protocolo foi realizado somente com duas semanas, sugere-se que maior tempo de retreinamento seja necessário para que programas parcialmente supervisionados proporcionem maiores incrementos na cadência ou redução da aceleração da tíbia.

Apesar do menor efeito sobre a aceleração da tíbia e cadência, acredita-se que as mudanças nestes aspectos que ocorreram nos grupos experimentais, estejam associadas com as diferenças entre os grupos para a dor na corrida após seis meses do protocolo. Como não ocorreram mudanças concomitantes na cinemática dos membros inferiores, sugere-se que alterações em aspectos cinéticos oriundas dos programas justifiquem os resultados. O programa supervisionado de duas semanas com feedback visual em 50% do pico de aceleração da tíbia proporcionou redução da taxa de carga vertical média até 12 meses após o protocolo⁴⁰, enquanto um aumento na cadência de 7% obtido após o protocolo supervisionado de 8 semanas foi capaz de reduzir as taxas de carga vertical e patelofemoral média após a intervenção⁴⁵.

De fato, corredores com dor patelofemoral apresentaram maiores valores da taxa de carga vertical média e instantânea quando comparados a corredores saudáveis⁵⁹. Dois estudos ainda mostram diferenças no aspecto anteroposterior das forças de reação do solo (impulso de frenagem) e maior tempo de contato^{87,88}. Os programas com foco na adução do quadril reportaram mudanças na dor na corrida, adução do quadril e também nas taxas de carga vertical média e instantânea³⁴. Dessa forma, é plausível que independentemente do feedback dado aos participantes, alterações em aspectos relacionados às forças que incidem sobre a articulação patelofemoral estejam associados a melhora da dor na corrida em atletas com dor patelofemoral.

Nosso estudo trata-se do primeiro ensaio clínico randomizado que avaliou os efeitos de um programa de retreinamento de corrida com foco na aceleração vertical da tíbia em corredores com dor patelofemoral, e um dos únicos que avaliaram os efeitos de um programa com foco na cadência^{45,47}. Corredores que participaram de um protocolo supervisionado com foco na aceleração da tíbia não foram capazes de transferir os resultados para fora do laboratório⁴¹, tais resultados destacam a relevância de estudos que abordem estas estratégias por meio de protocolos parcialmente supervisionados, que permitem uma exposição ao treino na rua durante o retreinamento.

Implicações clínicas podem ser formuladas a partir dos resultados do estudo. Programas parcialmente supervisionados de duas semanas com foco na aceleração vertical da

tíbia ou cadência são efetivos (superior a nenhuma intervenção), para melhorar a dor na corrida após seis meses do protocolo. Tais achados são importantes considerando-se que a dor patelofemoral não apresenta resolução espontânea e tem o potencial de se tornar crônica. De forma adicional, a dor durante atividades funcionais como a corrida e um maior período com dor patelofemoral foram listados como fatores importantes para um pior prognóstico com recuperação incompleta em 5 e 8 anos^{24,25}.

Os programas não foram efetivos (superior a nenhuma intervenção) na dor usual. Somente o programa com foco no impacto foi efetivo para melhorar a função do joelho após o protocolo, porém os resultados não foram mantidos em seis meses. É possível que mudanças simples de um padrão habitualmente doloroso tenham sido responsáveis pelos resultados na função do joelho encontrados na segunda semana⁸⁹. Tais resultados são importantes para mostrar a necessidade de se implementar o retreinamento de corrida dentro de um programa multimodal para que se tenha uma influência que vá além da dor na corrida. Com menores níveis de dor e melhor função os participantes são capazes de adquirir os benefícios cardíacos, metabólicos e mentais dessa atividade¹, reduzir gastos diretos com consultas, exames e reabilitação e gastos indiretos com outras doenças relacionadas ao sedentarismo.

Os programas não foram capazes de modificar a cinemática dos membros inferiores, estes achados mostram que a melhora na dor na corrida pode ocorrer independentemente de mudanças nos aspectos cinemáticos. Estratégias de retreinamento com foco na cadência, mudança do contato inicial e impacto produziram reduções na dor no joelho durante a corrida e no pico de força da articulação patelofemoral de forma simultânea em corredores com DPF⁹⁰. Dessa forma, diferenças em aspectos cinéticos devem ser consideradas pelos clínicos como potenciais mecanismos para melhora de sintomas em corredores com dor patelofemoral⁴⁵. Considerando-se que um programa não foi superior ao outro e que ambos apresentam a mesma proposta de atenuar as forças que incidem sobre a articulação patelofemoral^{38,70,71,90}, a tomada de decisão quanto ao tipo de retreinamento a ser utilizado dentro de um programa multimodal deve ser feita considerando a expertise do profissional e a preferência do paciente.

Junto com as implicações clínicas é importante mostrarmos as limitações do estudo. Corredores com contato inicial com o antepé foram incluídos no estudo. Não foram encontradas diferenças na cadência ou pico de aceleração da tíbia, todavia corredores de antepé apresentaram menor ângulo de inclinação do pé, pico de flexão do joelho e taxa de carga vertical média quando comparados a corredores de retopé⁵⁷. Corredores com cadência maior que 170 passos/minuto e aceleração vertical da tíbia menor que 8 g também foram

incluídos. Esses valores foram utilizados em estudos recentes como ponto de corte para incluir corredores com baixa cadência ou valores altos de aceleração da tíbia^{39,40,41,49}.

De forma similar, corredores sem alterações relevantes quanto à cinemática dos membros inferiores foram incluídos. Os programas de retreinamento que tiveram sucesso em modular esse aspecto selecionaram corredores com adução do quadril maior que 20° e queda da pelve contralateral maior do que 9°^{34,35}. A amostra do nosso estudo aumenta a validade externa dos resultados, todavia não se pode descartar que a presença de uma ou mais dessas características pode ter influenciado na capacidade dos corredores em atingir a meta do programa de retreinamento e consequentemente as alterações na dor, função e cinemática nos planos frontal e sagital. O cálculo amostral foi realizado com base nos desfechos clínicos; uma amostra maior pode ser necessária para se obter significância estatística para as variáveis queda da pelve contralateral, inclinação da tíbia e inclinação do pé. Por último, os volumes de treino não foram coletados durante o período de 6 meses. Maior volume ou um aumento abrupto no volume de corrida podem ter influenciado os desfechos primários.

Corredores sem lesão foram capazes de transferir a redução na aceleração da tíbia quando distraídos (tarefa cognitiva e verbal)⁹¹, com incremento de 10% na velocidade de treino⁹² e fora do laboratório em terreno sem inclinação⁴¹. Um programa parcialmente supervisionado de seis semanas promoveu mudanças na cadência de forma imediata⁴⁶. Um programa não supervisionado com duas semanas realizado fora do laboratório reportou mudanças na cadência e impacto de forma imediata e após um mês da intervenção⁸⁰, enquanto que um programa similar com seis semanas de duração demonstrou diferenças na cadência ao se comparar com um grupo controle⁴⁹.

Nesse sentido, sugere-se a realização de ensaios clínicos futuros em corredores com dor patelofemoral que foquem em programas que abordem treinos com diferentes níveis de inclinação, com melhor proporção de sessões supervisionadas e não supervisionadas ou realizados de forma integral fora do laboratório. Investigar o retreinamento de corrida dentro de uma abordagem multimodal que englobe educação em dor, manejo de cargas, exercício terapêutico e aspectos psicossociais será de grande relevância para os profissionais que trabalham com essa população para que se tenha melhores taxas de recuperação à longo prazo. De forma adicional, estudos que investiguem os mecanismos relacionados aos efeitos positivos do retreinamento de corrida em desfechos clínicos são necessários.

6 CONCLUSÃO

Em conclusão, programas parcialmente supervisionados de duas semanas com foco no impacto e cadência não foram efetivos quando comparados a nenhuma intervenção para melhorar a dor usual em corredores com dor patelofemoral. Ambos os programas foram efetivos para melhorar a dor na corrida quando comparados a nenhuma intervenção, porém os resultados foram encontrados somente seis meses após a realização dos protocolos. O programa com foco no impacto foi efetivo para melhorar a função do joelho quando comparado a nenhuma intervenção, entretanto os resultados não foram mantidos ao longo de seis meses. Os efeitos positivos sobre a dor na corrida e função no joelho ocorreram independentemente de mudanças na cinemática dos membros inferiores nos planos frontal e sagital, visto que ambos os programas não modificaram a queda da pelve, adução do quadril, flexão do joelho, dorsiflexão do tornozelo, inclinação da tíbia e inclinação do pé. Como esperado, um programa não foi superior ao outro para nenhum dos desfechos avaliados.

REFERÊNCIAS

1. Hespanhol Júnior LC, Pillay JD, van Mechelen W, Verhagen E. Meta-analyses of the effects of habitual running on indices of health in physically inactive adults. *Sports Med.* 2015;45(10):1455-68.
2. Schnohr P, Marott JL, Lange P, Jensen GB. Longevity in Male and Female Joggers: The Copenhagen City Heart Study. *Am J Epidemiol.* 2013;177(7):683–9.
3. Yeung RR, Hemsley DR. Effects of personality and acute exercise on mood states. *Pers. Individ. Differ.* 1996;20(5):545–50.
4. Pedisic Z, Shrestha N, Kovalchik S, Stamatakis E, Liangruenrom N, Grgic J, Titze S, Biddle SJ, Bauman AE, Oja P. Is running associated with a lower risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality, and is the more the better? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2020;54(15):898-905.
5. Van Gent RN, Siem D, van Middelkoop M, van Os AG, Bierma-Zeinstra SMA, Koes BW, et al. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *Br. J. Sports Med.* 2007;41(8):469–80.
6. Kemler E, Blokland D, Backx F, Huisstede B. Differences in injury risk and characteristics of injuries between novice and experienced runners over a 4-year period. *Phys Sportsmed.* 2018;46(4):485–91.
7. Videbæk S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2015;45(7):1017–26.
8. Lopes AD, Hespanhol LC, Yeung SS, Costa LOP. What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? *Sports Med.* 2012;42(10):891–905
9. Saragiotto BT, Yamato TP, Hespanhol Junior LC, Rainbow MJ, Davis IS, Lopes AD. What are the main risk factors for running-related injuries? *Sports Med.* 2014;44(8):1153-63.
10. van der Worp MP, ten Haaf DS, van Cingel R, de Wijer A, Nijhuis-van der Sanden MW, Staal JB. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PLoS One.* 2015;10(2):e0114937.
11. Damsted C, Glad S, Nielsen RO, Sørensen H, Malisoux L. Is there evidence for an association between changes in training load and running-related injuries? A systematic review. *Int J Sports Phys Ther.* 2018;13(6):931–42.
12. Christopher SM, McCullough J, Snodgrass SJ, Cook C. Do alterations in muscle strength, flexibility, range of motion, and alignment predict lower extremity injury in runners: a systematic review. *Arch. Physiother.* 2019;9(1).

13. Ceyssens L, Vanelderen R, Barton C, Malliaras P, Dingenen B. Biomechanical Risk Factors Associated with Running-Related Injuries: A Systematic Review. *Sports Med.* 2019;49(7):1095-1115.
14. Vannatta CN, Heinert BL, Kernozek TW. Biomechanical risk factors for running-related injury differ by sample population: A systematic review and meta-analysis. *Clin Biomech.* 2020;75:104991.
15. Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, Collins NJ, Davis IS, Powers CM, et al. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 1: Terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient reported outcome measures. *Br J Sports Med.* 2016;50(14):839–43.
16. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE.* 2018;13(1):e0190892.
17. Tauton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med.* 2003;37(3):239-44
18. Scheer BV, Murray A. Al Andalus ultra trail: an observation of medical interventions during a 219-km, 5-day ultramarathon stage race. *Clin J Sport Med.* 2011;21(5):444-6.
19. Neal BS, Lack SD, Lankhorst NE, Raye A, Morrissey D, van Middelkoop M. Risk factors for patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports. Med.* 2018;53(5):270–81.
20. Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SMA, van Middelkoop M. Factors associated with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Br. J. Sports. Med.* 2012;47(4):193–206.
21. Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SMA, van Middelkoop M. Risk Factors for Patellofemoral Pain Syndrome: A Systematic Review. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2012;42(2):81–A12.
22. Pazzinatto MF, Barton CJ, Willy RW, Ferreira AS, Azevedo FM, de Oliveira Silva D. Are Physical Function and Fear of Movement Risk Factors for Patellofemoral Pain? A 2-Year Prospective Study. *J Sport Rehabil.* 2022;20:1-7.
23. Willwacher S, Kurz M, Robbin J, Thelen M, Hamill J, Kelly L, Mai P. Running-Related Biomechanical Risk Factors for Overuse Injuries in Distance Runners: A Systematic Review Considering Injury Specificity and the Potentials for Future Research. *Sports Med.* 2022;52(8):1863-1877.
24. Collins NJ, Bierma-Zeinstra SMA, Crossley KM, van Linschoten RL, Vicenzino B, van Middelkoop M. Prognostic factors for patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. *Br. J. Sports. Med.* 2012;47(4):227–33.

25. Lankhorst NE, van Middelkoop M, Crossley KM, Bierma-Zeinstra SMA, Oei EHG, Vicenzino B, et al. Factors that predict a poor outcome 5–8 years after the diagnosis of patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. *Br. J. Sports. Med.* 2015;50(14):881–6.
26. Willy RW, Hoglund LT, Barton CJ, Bolgla LA, Scalzitti DA, Logerstedt DS, Lynch AD, Snyder-Mackler L, McDonough CM. Patellofemoral Pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2019;49(9):CPG1-CPG95.
27. van der Heijden RA, Lankhorst NE, van Linschoten R, Bierma-Zeinstra SM, van Middelkoop M. Exercise for treating patellofemoral pain syndrome. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;1:CD010387.
28. Barton CJ, Balachandar V, Lack S, Morrissey D. Patellar taping for patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis to evaluate clinical outcomes and biomechanical mechanisms. *Br J Sports Med.* 2014;48:417424.
29. Barton CJ, Munteanu SE, Menz HB, Crossley KM. The efficacy of foot orthoses in the treatment of individuals with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Sports Med.* 2010;40:377-395.
30. Agresta C, Brown A. Gait Retraining for Injured and Healthy Runners Using Augmented Feedback: A Systematic Literature Review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45(8):576-84.
31. Neal BS, Barton CJ, Gallie R, O'Halloran P, Morrissey D. Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture.* 2016;45:69-82.
32. Davis IS, Tenforde AS, Neal BS, Roper JL, Willy RW. Gait Retraining as an Intervention for Patellofemoral Pain. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2020; 13(1):103–14.
33. Jeon H, Thomas AC. Efficacy of Feedback on Running Gait Retraining in Patients with Patellofemoral Pain: A Critically Appraised Topic. *Int J Athl Ther Train.* 2019;24(1):9–14.
34. Noehren B, Scholz J, Davis I. The effect of real-time gait retraining on hip kinematics, pain and function in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Br. J. Sports Med.* 2010;45(9):691–6.
35. Willy RW, Scholz JP, Davis IS. Mirror gait retraining for the treatment of patellofemoral pain in female runners. *Clin Biomech.* 2012;27(10):1045–51.
36. Dos Santos AF, Nakagawa TH, Lessi GC, Luz BC, Matsuo HTM, Nakashima GY, et al. Effects of three gait retraining techniques in runners with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport.* 2019;36:92–100.

37. Roper JL, Harding EM, Doerfler D, Dexter JG., Kravitz L, Dufek JS, et al. The effects of gait retraining in runners with patellofemoral pain: A randomized trial. *Clin Biomech.* 2016;35:14-22.
38. Crowell HP, Milner CE, Hamill J, Davis IS. Reducing Impact Loading During Running With the Use of Real-Time Visual Feedback. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(4):206–13.
39. Crowell HP, Davis IS. Gait retraining to reduce lower extremity loading in runners. *Clin Biomech.* 2011;26(1):78–83.
40. Bowser BJ, Fellin R, Milner CE, Pohl MB, Davis IS. Reducing Impact Loading in Runners: A One-Year Follow-up. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(12):2500-2506.
41. Zhang JH, Chan ZYS, Au IPH, An WW, Cheung RTH. Can runners maintain a newly learned gait pattern outside a laboratory environment following gait retraining? *Gait Posture.* 2019;69:8-12.
42. Chan ZYS, Zhang JH, Au IPH, An WW, Shum GLK, Ng GYF, et al. Gait Retraining for the Reduction of Injury Occurrence in Novice Distance Runners: 1-Year Follow-up of a Randomized Controlled Trial. *Am J Sport Med.* 2017; 46(2):388–95.
43. Sheerin KR, Reid D, Taylor D, Besier TF. The effectiveness of real-time haptic feedback gait retraining for reducing resultant tibial acceleration with runners. *Phys Ther.* 2020;43:173-180.
44. Creaby MW, Franettovich Smith MM. Retraining running gait to reduce tibial loads with clinician or accelerometry guided feedback. *J Sci Med Sport.* 2015; 19(4):288–92.
45. Esculier J-F, Bouyer LJ, Dubois B, Fremont P, Moore L, McFadyen B, et al. Is combining gait retraining or an exercise programme with education better than education alone in treating runners with patellofemoral pain? A randomised clinical trial. *Br. J. Sports. Med.* 2017;52(10):659–66.
46. Neal BS, Barton CJ, Birn-Jeffrey A, Daley M, Morrissey D. The effects & mechanisms of increasing running step rate: A feasibility study in a mixed-sex group of runners with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport.* 2018;32:244–51.
47. Bonacci J, Hall M, Saunders N, Vicenzino B. Gait retraining versus foot orthoses for patellofemoral pain: a pilot randomised clinical trial. *J Sci Med Sport.* 2018;21(5):457-461.
48. Bramah C, Preece SJ, Gill N, Herrington L. A 10% Increase in Step Rate Improves Running Kinematics and Clinical Outcomes in Runners With Patellofemoral Pain at 4 Weeks and 3 Months. *Am. J. Sports Med.* 2019; 47(14):3406–13.
49. Baumgartner J, Gusmer R, Hollman J, Finnoff JT. Increased stride-rate in runners following an independent retraining program: A randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2019;29(11):1789-1796.

50. Molina-Molina A, Latorre-Román PA, Mercado-Palomino E, Delgado-García G, Richards J, Soto-Hermoso VM. The effect of two retraining programs, barefoot running vs increasing cadence, on kinematic parameters: A randomized controlled trial. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2022;32:533–542.
51. Winstein CJ, Pohl PS, Lewthwaite R. Effects of physical guidance and knowledge of results on motor learning: support for the guidance hypothesis. *Res Q Exerc Sport*. 1994;65(4):316–23.
52. Winstein CJ. Knowledge of results and motor learning– implications for physical therapy. *Phys Ther*. 1991;71(2):140–9.
53. Liao T-C, Powers CM. Tibiofemoral kinematics in the transverse and frontal planes influence the location and magnitude of peak patella cartilage stress: an investigation of runners with and without patellofemoral pain. *Clin Biomech*. 2019;62:72–8.
54. Teng HL, Powers CM. Sagittal plane trunk posture influences patellofemoral joint stress during running. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(10):785-92.
55. Teng HL, Powers CM. Influence of trunk posture on lower extremity energetics during running. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(3):625-30.
56. Warrener A, Tamai R, Lieberman DE. The effect of trunk flexion angle on lower limb mechanics during running. *Hum Mov Sci*. 2021;78:102817.
57. Almeida MO, Davis IS, Lopes AD. Biomechanical Differences of Foot-Strike Patterns During Running: A Systematic Review With Meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015;45(10):738-55.
58. Xu Y, Yuan P, Wang R, Wang D, Liu J, Zhou H. Effects of Foot Strike Techniques on Running Biomechanics: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health*. 2021;13(1):71-77.
59. Johnson CD, Tenforde AS, Outerleys J, Reilly J, Davis IS. Impact-Related Ground Reaction Forces Are More Strongly Associated With Some Running Injuries Than Others. *Am J Sports Med*. 2020;48(12):3072-3080.
60. Anderson LM, Martin JF, Barton CJ, Bonanno DR. What is the Effect of Changing Running Step Rate on Injury, Performance and Biomechanics? A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Open*. 2022;8(1):112.
61. Rabelo NDDA, Costa LOP, Lima BM, et al. Adding motor control training to muscle strengthening did not substantially improve the effects on clinical or kinematic outcomes in women with patellofemoral pain: a randomised controlled trial. *Gait Posture*. 2017;58:280-286.
62. Heiderscheit BC, Chumanov ES, Michalski MP, Wille CM, Ryan MB. Effects of Step Rate Manipulation on Joint Mechanics during Running. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(2):296–302.

63. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang A-G. Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav. Res. Methods*. 2009;41(4):1149–60.
64. Pimenta CAM. Escalas de avaliação de dor. In: Teixeira MD (ed.) *Dor conceitos gerais*. São Paulo: Limay; 1994. pp. 46–56.
65. Aquino V da S, Falcon SFM, Neves LMT, Rodrigues RC, Sendín FA. Tradução e adaptação cultural para a língua portuguesa do questionário scoring of patellofemoral disorders: estudo preliminar. *Acta ortop. bras*. 2011;19(5):273–9.
66. Dingenen B, Barton C, Janssen T, Benoit A, Malliaras P. Test-retest reliability of two-dimensional video analysis during running. *Phys Ther Sport*. 2018; 33:40–7.
67. Dingenen B, Staes FF, Santermans L, Steurs L, Eerdekens M, Geentjens J, et al. Are two-dimensional measured frontal plane angles related to three-dimensional measured kinematic profiles during running? *Phys Ther Sport*. 2018:84–92.
68. Maykut JN, Taylor-Haas JA, Paterno MV, Dicesare CA, Ford KR. Concurrent validity and reliability of 2d kinematic analysis of frontal plane motion during running. *Int. J. Sports. Phys. Ther*. 2015;10(2):136.
69. Souza RB. An Evidence-Based Videotaped Running Biomechanics Analysis. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2016; 27(1):217–36.
70. Lenhart RL, Thelen DG, Wille CM, Chumanov ES, Heiderscheit BC. Increasing Running Step Rate Reduces Patellofemoral Joint Forces. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(3):557–64.
71. Willson JD, Sharpee R, Meardon SA, Kernozek TW. Effects of step length on patellofemoral joint stress in female runners with and without patellofemoral pain. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2014;29(3):243–7.
72. Willson JD, Ratcliff OM, Meardon SA, Willy RW. Influence of step length and landing pattern on patellofemoral joint kinetics during running. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2015;25(6):736–43.
73. Wille CM, Lenhart RL, Wang S, Thelen DG, Heiderscheit BC. Ability of Sagittal Kinematic Variables to Estimate Ground Reaction Forces and Joint Kinetics in Running. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(10):825–30.
74. Schubert AG, Kempf J, Heiderscheit BC. Influence of Stride Frequency and Length on Running Mechanics. *Sports Health*. 2013;6(3):210–7.
75. Krishnan C, Washabaugh EP, Seetharaman Y. A low cost real-time motion tracking approach using webcam technology. *J Biomech*. 2015; 48(3):544–8.
76. Lewinson RT, Worobets JT, Stefanyshyn DJ. Control conditions for footwear insole and orthotic research. *Gait Posture*. 2016;48:99–105.

77. Pipkin A, Kotecki K, Hetzel S, Heiderscheit B. Reliability of a Qualitative Video Analysis for Running. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016;46(7):556–61.
78. Damsted C, Nielsen RO, Larsen LH. Reliability of video-based quantification of the knee- and hip angle at foot strike during running. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10:147-154.
79. Pairot de Fontenay B, Roy JS, Dubois B, Bouyer L, Esculier JF. Validating commercial wearable sensors for running gait parameters estimation. *IEEE Sens. J.* 2020;1–1.
80. Willy RW, Meardon SA, Schmidt A, Blaylock NR, Hadding SA, Willson JD. Changes in tibiofemoral contact forces during running in response to in-field gait retraining. *J. Sports Sci.* 2016;34(17):1602–11.
81. Olejnik S, Algina J. Generalized eta and omega squared statistics: measures of effect size for some common research designs. *Psychol Methods.* 2003;8(4):434-47.
82. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* Seconded. New York, USA: Associates LE; 1988.
83. Lakens D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front Psychol.* 2013;4:863.
84. Jakobsen JC, Gluud C, Wetterslev J, Winkel P. When and how should multiple imputation be used for handling missing data in randomised clinical trials - a practical guide with flowcharts. *BMC Med Res Methodol.* 2017;17(1):162.
85. Sterne JA, White IR, Carlin JB, Spratt M, Royston P, Kenward MG, Wood AM, Carpenter JR. Multiple imputation for missing data in epidemiological and clinical research: potential and pitfalls. *BMJ.* 2009;338:b2393.
86. Clansey AC, Hanlon M, Wallace ES, Nevill A, Lake MJ. Influence of tibial shock feedback training on impact loading and running economy. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(5):973-81.
87. Messier SP, Davis SE, Curl WW, Lowery RB, Pack RJ. Etiologic factors associated with patellofemoral pain in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:1008–15.
88. Duffey MJ, Martin DF, Cannon DW, Craven T, Messier SP. Etiologic factors associated with anterior knee pain in distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1825.
89. Esculier J-F, Dubois B, Roy J-S. Response to: ‘Optimising the efficacy of gait retraining’. *Br J Sports Med.* 2019; 53(9):530–531.
90. Esculier JF, Bouyer LJ, Roy JS. Running gait modifications can lead to immediate reductions in patellofemoral pain. *Front Sports Act Living.* 2023;4:1048655.

91. Cheung RTH, An WW, Au IPH, Zhang JH, Chan ZYS, MacPhail AJ. Control of impact loading during distracted running before and after gait retraining in runners. *J Sports Sci.* 2018;36(13):1497-1501.
92. Zhang JH, Chan ZY, Au IP, An WW, Shull PB, Cheung RT. Transfer Learning Effects of Biofeedback Running Retraining in Untrained Conditions. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(9):1904-1908.

ANEXO 1 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA *PLOS ONE***PLOS ONE**

REGISTERED REPORT PROTOCOL

Effects of gait retraining with focus on impact versus gait retraining with focus on cadence on pain, function and lower limb kinematics in runners with patellofemoral pain: Protocol of a randomized, blinded, parallel group trial with 6-month follow-up

This is a Registered Report and may have an associated publication; please check the article page on the journal site for any related articles.

José Roberto de Souza Júnior¹✉, Pedro Henrique Reis Rabelo¹✉, Thiago Vilela Lemos²✉, Jean-François Esculier^{3,4}✉, João Pedro da Silva Carlo¹✉, João Paulo Chiericato Matheus¹✉

1 Sciences and Technologies in Health Post-graduation Program, University of Brasília, Brasília, Federal District, Brazil, **2** Department of Physical Therapy, State University of Goiás, Goiânia, Goiás, Brazil, **3** The Running Clinic, Lac Beauport, Quebec, Canada, **4** Department of Physical Therapy, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada

✉ These authors contributed equally to this work.

✉ These authors also contributed equally to this work.

* joserobertoisio@gmail.com

OPEN ACCESS

Citation: de Souza Júnior JR, Rabelo PHR, Lemos TV, Esculier J-F, Carlo JPS, Matheus JPC (2021) Effects of gait retraining with focus on impact versus gait retraining with focus on cadence on pain, function and lower limb kinematics in runners with patellofemoral pain: Protocol of a randomized, blinded, parallel group trial with 6-month follow-up. *PLoS ONE* 16(5): e0250965. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250965>

Abstract

Patellofemoral pain (PFP) is one of the most prevalent injuries in runners. Unfortunately, a substantial part of injured athletes do not recover fully from PFP in the long-term. Although previous studies have shown positive effects of gait retraining in this condition, retraining protocols often lack clinical applicability because they are time-consuming, costly for patients and require a treadmill. The primary objective of this study will be to compare the effects of two different two-week partially supervised gait retraining programs, with a control intervention, on pain, function and lower limb kinematics of runners with PFP. Null hypothesis

**ANEXO 2 – RESUMO APRESENTADO NO CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO
AMERICANA DE FISIOTERAPIA**



May 1, 2023

To Whom It May Concern:

This letter confirms José Roberto's acceptance of the below mentioned poster and platform presentations at the American Physical Therapy Association's 2023 Combined Section Meetings being held in San Diego, USA February 23-25, 2023.

Poster presentation

"Reliability and Measurement error of the Tgforce to assess tibial acceleration and cadence in runners"

Abstract ID #: 37034, Poster # 2381

1:00 pm - 3:00 pm - February 24, 2023

Platform presentation

"Effects of gait retraining programs on pain, function, and kinematics of runners with Patellofemoral Pain"

ID: 38302. SP-14714 - Sports Section

Research Platform 5: Hip/PF/Knee/Adaptive

3:00 pm - 5:00 pm - February 25, 2023

Thank you, José for attending APTA CSM 2023. We hope to see you in Boston, MA for APTA CSM 2024, February 15-17, 2024.

ANEXO 3 – MANUSCRITO SUBMETIDO NA REVISTA *PLOS ONE***Submission Confirmation for PONE-D-23-08299R1 - [EMID:9eddbec5cdbbda3]**

1 mensagem

PLOS ONE <em@editorialmanager.com>

6 de julho de 2023 às 19:01

Responder a: PLOS ONE <plosone@plos.org>

Para: José Roberto de Souza Júnior <joserobertofisio@gmail.com>

PONE-D-23-08299R1

Effects of two gait retraining programs on pain, function and lower limb kinematics in runners with patellofemoral pain: a randomized controlled trial

Dear Dr. de Souza Júnior,

Thank you for submitting your revised manuscript. We are checking to ensure we have all of the information and files necessary to proceed and will contact you if we need anything else.

If we have everything we need, you'll hear from us when the editor renders a decision. Feel free to check the status of your manuscript by logging onto Editorial Manager: (<https://www.editorialmanager.com/pone/>).

All the best,
PLOS ONE

ANEXO 4 – RESUMO APRESENTADO NO CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PUC GOIÁS



VI CC&T PUC GOIÁS

Inteligência Artificial:
a nova fronteira da
ciência brasileira



Certificamos que o trabalho intitulado "CONHECIMENTO E INTERESSE NA REALIZAÇÃO DE PROGRAMAS DE RETREINAMENTO DE CORRIDA POR PARTE DE CORREDOR DE RUA" de autoria de JOSE ROBERTO DE SOUZA JÚNIOR, GLAUBER MARQUES PARAIZO BARBOSA, JOÃO PAULO CHIEREGATO MATHEUS, PEDRO HENRIQUE REIS RABELO, THIAGO VILELA LEMOS foi apresentado por JOSE ROBERTO DE SOUZA JÚNIOR na modalidade APRESENTAÇÃO ORAL, no VI Congresso de Ciência e Tecnologia, promovido pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás, realizado no período de 20 a 23 de outubro de 2020.

Goiânia, 23 de outubro de 2020.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Priscila V. Oliveira Vitorino'.

Profa. Dra. Priscila V. Oliveira Vitorino
Coordenadora de Pesquisa e da Comissão Científica do VI CC&T da PUC Goiás

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Milca Severino Pereira'.

Profa. Dra. Milca Severino Pereira
Pró-Reitora de Pós-Graduação e Pesquisa da PUC Goiás

ANEXO 5 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA *FISIOTERAPIA EM PESQUISA*

DOI: 10.1590/1809-2950/21016929012022EN



ORIGINAL RESEARCH

Knowledge, interest, and preference for gait retraining programs in street runners: a cross-sectional study

Conhecimento, interesse e preferência por programas de retreinamento de corrida em corredores de rua: estudo transversal

Conocimiento, interés y preferencia por programas de reentrenamiento de corrida en los corredores de calle: un estudio transversal

José Roberto de Souza Júnior¹, Pedro Henrique Reis Rabelo², Thiago Vilela Lemos³, Glauber Marques Paraizo Barbosa⁴, João Paulo Chieregato Matheus⁵

**ANEXO 6 – MANUSCRITO SUBMETIDO NA REVISTA *SPORTS MEDICINE* –
*OPEN***

Thank you for approving your submission to Sports Medicine - Open

em.smoa.0.82f59c.8134d415@editorialmanager.com <em.smoa.0.82f59c.8134d415@editorialmanager.com>

on behalf of

Sports Medicine - Open Editorial Office <em@editorialmanager.com>

Thu 4/27/2023 12:06 PM

To: De Souza Junior, Jose Roberto <jdesouzajunior@mgb.org>

External Email - Use Caution

Interaction of biomechanical, anthropometric, and demographic factors associated with patellofemoral pain in runners: a Classification and Regression Tree approach

Jose Roberto de Souza Junior; Logan Walter Gaudette; Caleb D. Johnson; João Paulo Chierigato Matheus; Thiago Vilela Lemos; Irene S. Davis; Adam S. Tenforde

Sports Medicine - Open

Dear Mr de Souza Junior,

Thank you for approving the changes and returning your submission entitled 'Interaction of biomechanical, anthropometric, and demographic factors associated with patellofemoral pain in runners: a Classification and Regression Tree approach'.

You will be able to check on the progress of your manuscript during the peer review process by logging on to Editorial Manager as an author.

ANEXO 7 – RESUMO APRESENTADO NO CONGRESSO DO COLÉGIO AMERICANO DE MEDICINA ESPORTIVA



[Print this Page for Your Records](#)

[Close Window](#)

Control/Tracking Number: 23-SA-2949-ACSM

Activity: Scientific Abstract

Current Date/Time: 12/19/2022 3:55:22 PM

Characteristics And Biomechanical Factors Associated With Patellofemoral Pain In Runners

Author Block: Jose Roberto De Souza Junior¹, Logan W. Gaudette¹, Caleb D. Johnson², Joao Paulo C. Matheus³, Thiago V. Lemos⁴, Irene S. Davis, FACSM⁵, Adam S. Tenforde, FACSM¹. ¹Spaulding Rehabilitation Hospital, Spaulding National Running Center, Cambridge, MA. ²United States Army Research Institute for Environmental Medicine, Natick, MA. ³University of Brasilia, Brasilia, Brazil. ⁴State University of Goias, Goiania, Brazil. ⁵University of South Florida, Tampa, FL. (Sponsor: Adam Tenforde, FACSM)

Abstract:

PURPOSE: To classify runners with active PFP using a combination of factors including anthropometric, demographic and biomechanical as well as the interactions between them. **METHODS:** A cross-sectional study with 76 rearfoot strike runners (38 PFP; 38 Healthy Controls (CON)). Age, sex, and body mass index (BMI) were included. Biomechanical variables included peak vertical ground reaction force (vGRF), vertical average loading rate (VALR), vertical instantaneous loading rate (VILR), braking ground reaction force impulse (BGRFI), contact time, step rate, and center of mass excursion (COMEX). Interactions among these factors were analyzed using a CART analysis. Prevalence Ratios (PR) with 95% confidence intervals were calculated for each terminal node. A receiver operating characteristic (ROC) curve was created to verify the accuracy of the model. **RESULTS:** The CART model correctly classified 32 (84.2%) runners with PFP, and 30 (78.9%) who were CON. The total correct classification was 81.6%, and the area under the ROC curve (accuracy) was 0.83 (95% CI, 0.74-0.93; SE, 0.04; P < .001). Table 1 shows the significant risk (Nodes 1, 4, and 8) and significant protective (Node 5) profiles with its respective prevalence ratios and confidence intervals. The nodes 1, 4, 5, and 8 were statistically significant. **CONCLUSION:** Individuals with PFP with higher BGRFI, lower contact times, higher VALR, and older age were classified most accurately by the CART model. More research is needed to determine if these are causative or compensatory factors.

ANEXO 8 – ARTIGO PUBLICADO NO *JOURNAL OF CLINICAL MEDICINE*



Journal of
Clinical Medicine



Review

Clinical Application of Gait Retraining in the Injured Runner

Logan W. Gaudette ¹, Molly M. Bradach ¹, José Roberto de Souza Junior ^{1,2}, Bryan Heiderscheit ³,
Caleb D. Johnson ^{1,4}, Joshua Posilkin ¹, Mitchell J. Rauh ⁵, Lauren K. Sara ¹, Lindsay Wasserman ¹,
Karsten Hollander ⁶ and Adam S. Tenforde ^{1,*}

¹ Spaulding Rehabilitation Hospital, Spaulding National Running Center, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Harvard Medical School, Boston, MA 02138, USA

² Graduate Program of Sciences and Technologies in Health, University of Brasilia, Brasilia 72220-275, DF, Brazil

³ Department of Orthopedics and Rehabilitation, University of Wisconsin, Madison, WI 53706, USA

⁴ United States Army Research Institute for Environmental Medicine, Military Performance Division, Natick, MA 01760, USA

⁵ Doctor of Physical Therapy Program, San Diego State University, San Diego, CA 92182, USA

⁶ Institute of Interdisciplinary Exercise Science and Sports Medicine, Faculty of Medicine, MSH, Medical School Hamburg, 20457 Hamburg, Germany

* Correspondence: atenforde@mgh.harvard.edu; Tel.: +1-617-952-6804

ANEXO 9 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA *SPORTS MEDICINE*

Sports Medicine
<https://doi.org/10.1007/s40279-023-01809-0>

LETTER TO THE EDITOR



Comment on “Running-Related Biomechanical Risk Factors for Overuse Injuries in Distance Runners: A Systematic Review Considering Injury Specificity and the Potentials for Future Research”

José Roberto de Souza Júnior^{1,2} · Logan Walter Gaudette¹ · Adam S. Tenforde¹

Accepted: 3 January 2023
 © The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature Switzerland AG 2023

Dear Editor,

We enjoyed reading the systematic review by Willwacher and colleagues [1] that aims to characterize biomechanical risk factors for running overuse injuries (ROIs). Previous systematic reviews found that a history of injury and training variables contribute to running-related injuries [2, 3]. More recent studies evaluated the association of biomechanical variables with ROIs [4, 5] and lower limb tendinopathies [6]. The innovation of the present review comes from evaluating the association of kinematic and kinetic aspects in eight of the most common ROI in distance runners. Developing this review was presumably a challenge considering the differences in the definition of injury, type of runners, populations, study designs, data collection methods, outcomes, and follow-up period. Therefore, we would like to congratulate the authors [1] on this outstanding work and contributions

Identifying different biomechanical variables by ROI suggests the importance of evaluating and addressing risk factors with an individualized gait retraining program within the injured runner.

The review demonstrates the limited high-quality prospective studies that currently exist to characterize biomechanical risk factors for ROIs. Notably, few prospective studies were identified among the 66 studies that met criteria for inclusion; the condition with the most prospective studies performed was the ROI patellofemoral pain syndrome. No prospective studies were identified for tibial stress fracture, despite this ROI being among the most common bone stress injury with a high rate of reoccurrence and extended time lost from sport [7]. In addition, one prospective study characterized risk factors for medial tibial stress syndrome, which is a common injury in both athletes and the general population [8]. The limited number of studies identified

ANEXO 10 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA *APPLIED SCIENCES*

Article

Association of Ground Reaction Force Measurements in Runners with Symptomatic Iliotibial Band Friction Syndrome: A Cross-Sectional Study

José Roberto de Souza Júnior ^{1,2} , Molly M. Bradach ^{1,†} , Logan W. Gaudette ^{1,†} and Adam S. Tenforde ^{1,*}

¹ Spaulding National Running Center, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Harvard Medical School, Spaulding Rehabilitation Hospital, Boston, MA 02138, USA

² Graduate Program of Sciences and Technologies in Health, University of Brasília, Brasília 72220-275, DF, Brazil

* Correspondence: atenforde@mgh.harvard.edu

† These authors contributed equally to this work.

Abstract: Iliotibial band syndrome (ITBS) is a common running related injury. While previous studies have evaluated the relationship between biomechanical variables and ITBS, most have found limited evidence, particularly with measures related to ground reaction force (GRF). The purpose of this study was to use a classification and regression tree (CART) analysis to determine whether the combination of GRF measures would be strongly associated in runners with ITBS. A cross-sectional study was performed at an outpatient center focused on running injuries. A convenience sample of 52 runners with ITBS, assessed between September 2012 and July 2022, were evaluated for eligibility, from which, 30 rearfoot strike runners with ITBS and no secondary running-related injuries were selected. Injured runners were matched to 30 healthy controls from a normative database. Each

ANEXO 11 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA *SENSORS**sensors*

Communication

The Effects of a Simple Sensor Reorientation Procedure on Peak Tibial Accelerations during Running and Correlations with Ground Reaction Forces

Molly M. Bradach ¹ , Logan W. Gaudette ¹, Adam S. Tenforde ¹ , Jereme Outerleys ², José R. de Souza Júnior ^{1,3} and Caleb D. Johnson ^{1,4,*}

¹ Spaulding National Running Center, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Harvard Medical School, Cambridge, MA 02138, USA

² Department of Mechanical and Materials Engineering, Queen's University, Kingston, ON K7L 3N9, Canada

³ Faculty of Ceilandia, University of Brasilia, Brasilia 73340, Brazil

⁴ Military Performance Division, United States Army Research Institute for Environmental Medicine, Natick, MA 01760, USA

* Correspondence: caleb.d.johnson24.civ@health.mil; Tel.: +1-508-206-2319

Abstract: While some studies have found strong correlations between peak tibial accelerations (TAs) and early stance ground reaction forces (GRFs) during running, others have reported inconsistent results. One potential explanation for this is the lack of a standard orientation for the sensors used to collect TAs. Therefore, our aim was to test the effects of an established sensor reorientation method on peak TAs and their correlations with GRFs. Twenty-eight runners had TA and GRF data collected while they ran at a self-selected speed on an instrumented treadmill. Tibial accelerations were reoriented to a body-fixed frame using a simple calibration trial involving quiet standing and kicking. The results showed significant differences between raw and reoriented peak TAs ($p < 0.01$) for all directions except for the posterior ($p = 0.48$). The medial and lateral peaks were higher (+0.9–1.3 g), while the vertical and anterior peaks were lower (−0.5–1.6 g) for reoriented vs. raw accelerations. Correlations with

ANEXO 12 – PARECER DE APROVAÇÃO EM COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNB - FACULDADE DE
CEILÂNDIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DA EMENDA**

Título da Pesquisa: EFEITOS DE DOIS PROGRAMAS DE RETREINAMENTO DE CORRIDA SOBRE A DOR, FUNÇÃO E CINEMÁTICA DOS MEMBROS INFERIORES DE CORREDORES COM DOR PATELOFEMORAL: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO COM FOLLOW-UP DE SEIS MESES

Pesquisador: José Roberto de Souza Júnior

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 22631019.7.0000.8093

Instituição Proponente: PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.132.491

ANEXO 13 – CADASTRO NO REGISTRO BRASILEIRO DE ENSAIOS CLÍNICOS

RBR-8yb47v

Effects of two gait retraining programs on pain, functionality and lower limb kinematics in runners with patellofemoral pain: a randomized clinical trial with 6-months follow-up.

Registration Date: Nov. 12, 2019, 12:44 p.m.

Last Update: July 6, 2020, 11:12 a.m.

Study Type:

Intervention Study

Scientific Title:

PT-BR

Efeitos de dois programas de re treinamento de corrida sobre a dor, função e cinemática dos membros inferiores de corredores com dor patelofemoral: ensaio clínico randomizado com follow-up de seis meses.

EN

Effects of two gait retraining programs on pain, functionality and lower limb kinematics in runners with patellofemoral pain: a randomized clinical trial with 6-months follow-up.

Trial Identification

UTN Number: U1111-1243-4811

Public Title:

PT-BR

Efeitos de dois programas de exercícios sobre a dor, função e padrão de corrida de corredores com dor anterior no joelho

EN

Effects of two exercise programs on pain, functionality and running pattern in runners with anterior knee pain

Scientific Acronym:

Public Acronym:

Secondary Identifying Numbers:

22631019.7.0000.8093

Issuing Authority: Plataforma Brasil

4.132.491

Issuing Authority: UnB - Faculdade de Ceilândia da Universidade de Brasília

Sponsors

Primary Sponsor: Universidade de Brasília

Secondary Sponsors:

Institution: Universidade de Brasília