



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

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE ESTABILIZAÇÃO  
FUNCIONAL EM MULHERES SAUDÁVEIS E COM DOR  
FEMOROPATELAR**

RODRIGO DE MARCHE BALDON

SÃO CARLOS

2014

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

**EFEITOS DO TREINAMENTO DE ESTABILIZAÇÃO  
FUNCIONAL EM MULHERES SAUDÁVEIS E COM DOR  
FEMOROPATELAR**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

**DISCENTE**

Rodrigo de Marche Baldon

**ORIENTADOR**

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão

Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos

**SUPERVISORA DO ESTÁGIO NO EXTERIOR (PDEE)**

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sara Regina Piva

Departamento de Fisioterapia da University of Pittsburgh

SÃO CARLOS

2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

B178et Baldon, Rodrigo de Marche.  
Efeitos do treinamento de estabilização funcional em  
mulheres saudáveis e com dor femoropatelar / Rodrigo de  
Marche Baldon. -- São Carlos : UFSCar, 2014.  
143 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,  
2014.

1. Biomecânica. 2. Cinemática. 3. Dinamômetro  
isocinético. 4. Dor femoropatelar. 5. Fisioterapia. I. Título.

CDD: 612.76 (20<sup>a</sup>)

FOLHA DE APROVAÇÃO

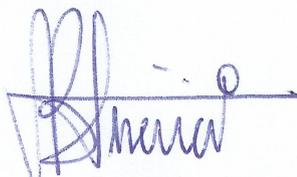
Membros da Banca Examinadora para Defesa de Tese de Doutorado de RODRIGO DE MARCHE BALDON, apresentada ao programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, em 25 de Abril de 2014.

Banca Examinadora



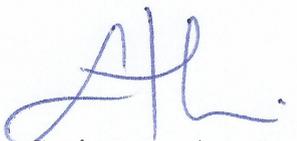
Prof. Dr. Fabio Viadanna Serrão

(UFSCar)



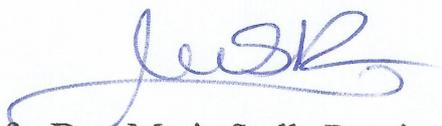
Profa. Dra. Ana Beatriz de Oliveira

(UFSCar)



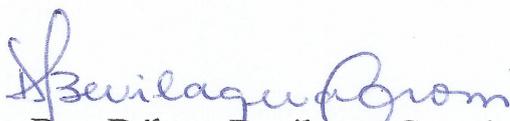
Profa. Dra. Stela Márcia Mattiello

(UFSCar)



Profa. Dra. Maria Stella Peccin da Silva

(UNIFESP-SANTOS)



Profa. Dra. Débora Bevilaqua Grossi

(FMRP/USP)

Este trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

*Dedico esta tese com amor...*

*...À Deus, por estar sempre presente ao meu lado, me dando força e alegria.*

*...Aos meus queridos pais, João e Cleuza, por terem enfrentado todas as dificuldades para que eu pudesse chegar até aqui.*

*...À minha esposa Vanessa, pelo seu amor e compreensão incondicionais.*

## AGRADECIMENTOS

Durante a realização do Doutorado constatei que ninguém nessa vida consegue concretizar seus objetivos sem ajuda. Podendo ser um apoio intelectual ou até mesmo um simples e aconchegante sorriso, todas essas ações corroboram para que possamos superar nossas aflições e medos para completar com êxito nossas metas. Por isso, venho nesse momento, agradecer a todos que tornaram possível a conclusão desse trabalho:

Ao **Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão** pelas inúmeras oportunidades concebidas e pela confiança depositada sobre mim desde minha Iniciação Científica. Sou extremamente grato pelos ensinamentos, profissionais e pessoais, aprendidos.

À **Professora Dra. Sara Regina Piva** por ter me acolhido como um filho no período em que estive na University of Pittsburgh realizando o Doutorado Sanduíche. Mesmo em meio aos seus inúmeros compromissos, sempre esteve disposta a me orientar, tendo participação efetiva na elaboração dessa tese. Agradeço também ao seu esposo **Ênio** e aos seus filhos **Luiza** e **Eduardo** por terem me ajudado a sentir como se estivesse em casa. Muito obrigado!

Ao **corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia (PPG-Ft) da UFSCar** pelos ensinamentos fundamentais para o meu crescimento profissional e **aos secretários**, pela paciência e dedicação em me ajudar em todas as dificuldades que tive ao longo do Doutorado.

À **Professora. Dra. Ana Beatriz de Oliveira** por ter aceitado, mais uma vez, o convite em participar da Banca Examinadora. Além disso, muito obrigado pela disponibilidade em sempre me ajudar durante todo o período em que participei do PPG-Ft.

À **Professora. Dra. Stela Márcia Mattiello** por também ter aceitado prontamente o convite em participar da Banca Examinadora. Além disso, muito obrigado pelos conhecimentos profissionais proferidos desde a minha graduação e por ser uma pessoa muito agradável de conviver.

Às **Professoras. Dras. Débora Bevilaqua Grossi** e **Maria Stella Peccin da Silva** por também terem aceitado prontamente o convite em participar da Banca Examinadora. Ainda, também gostaria de parabenizá-las e agradecê-las por serem fontes de inspiração na área de Fisioterapia Traumato-ortopédica no Brasil.

Aos **Professores Drs. Reginaldo Kisho Fukuchi e Rinaldo Roberto de Jesus Guirro**, assim como, à **Professora Dra. Tânia de Fátima Salvini**, por terem aceitado o convite para serem membros suplentes dessa defesa de tese.

Aos meus pais **Cleuza Aparecida de Marche Baldon e João Baldon**. Pessoas extremamente humildes e batalhadoras que me educaram da melhor maneira possível que um pai pode pensar em querer educar um filho. Peço a Deus que ele me abençoe para que um dia eu possa ser apenas uma porcentagem daquilo que vocês foram e são para mim. Tenho consciência que poderíamos ter gasto mais tempo juntos, porém, os meus sonhos e desejos traçaram outro caminho para minha vida. Mas mesmo à distância, sempre me apoiaram e me suportaram em todos os momentos difíceis, assim como, regozijaram-se em todas as conquistas alcançadas na minha vida. Muito obrigado!

À minha esposa **Vanessa Santos Pereira Baldon**, por estar sempre ao meu lado, com o seu amor e carinho, tornando meus dias mais alegres. Somente você sabe as barreiras e dificuldades que temos enfrentado durante os últimos anos. Muitas vezes me abalei, mas você sempre esteve apta para me ajudar. Além disso, sempre está ao meu lado para incentivar a concretização das minhas ideias e sonhos. Nunca terei palavras para agradecer e dizer o quanto você é importante para mim!

Aos amigos de laboratório **Daniel Ferreira Moreira Lobato, Rodrigo Scattone da Silva e Theresa Helissa Nakagawa**. Amigos incondicionais durante todo o período que passei no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia – LAIOT. Sem a ajuda e o aprendizado fornecidos gratuitamente por vocês não teria sido possível finalizar essa tese com êxito. Muito obrigado e sucesso sempre!

Aos fisioterapeutas **Leonardo Furlan, Natan Campo, Lívia Pinheiro Carvalho e Paloma Yan Lam Wun**, alunos de Iniciação Científica que foram essenciais no processo de aquisição e processamento dos dados dessa tese e de outros estudos que não compõe o corpo da mesma. Embora tenhamos tido momentos difíceis, juntos compartilhamos de muita alegria durante o trabalho, tornando-o mais prazeroso. Muito obrigado por tudo!

Aos amigos de laboratório **Giovana, Ana Flávia, Ana Luíza, Daniel e Mariana**, assim como, aos amigos de outros laboratórios, **Zé, Luís Fernando, Walter, Gisele, Paulinha e Marê**. Muito obrigado pelo companheirismo e por tornarem o local de trabalho um ambiente mais prazeroso.

Aos amigos de laboratório da University of Pittsburgh, **Gustavo, Bia, Joel, Dave, Sama, Ale e Ally**, por terem me recebido tão bem e por estarem sempre dispostos a me ajudar. Sem vocês estaria perdido no EUA!

Aos meus queridos amigos de Santa Bárbara d'Oeste, **Lucas, Flávio, Jader, Evair, Tom, Zé Vitor, Thiago, Vitor e Marcão**. Embora nossa convivência não seja mais diária, tenho a imensa alegria em saber que ainda continuamos amigos e, quando nos encontramos, sinto que nada mudou.

Uma vez alguém me disse que os verdadeiros amigos são aqueles que mesmo estando longe conseguimos senti-los por perto. Eu concordo. Muito obrigado a todos vocês.

Ao amigo e ex-companheiro de apartamento, **Cléber Ferraresi**, por ser um amigo fiel e por ter um coração enorme, sempre disposto a ajudar o próximo. Muito obrigado garoto!

Às **voluntárias**, pela paciência e disponibilidade em participar desse estudo. Admiro todas vocês pela responsabilidade e comprometimento durante o estudo. Sem vocês, nada teria sido possível. Muito obrigado.

A toda minha **família**, pela dedicação, incentivo, confiança e amor que foram fundamentais para que em nenhum momento eu pensasse em desistir dos meus sonhos e objetivos. Vocês foram e continuam sendo excepcionalmente importantes na minha vida. Muito obrigado!

*“O homem erudito é um descobridor de fatos que já existem - mas o homem sábio é um criador de valores que não existem e que ele faz existir.”*

- Albert Einstein

*“A curiosidade é mais importante do que o conhecimento.”*

- Albert Einstein

## RESUMO

---

A inclusão de exercícios de fortalecimento dos músculos do quadril e tronco nos programas de prevenção e tratamento de pacientes com dor femoropatelar (DFP) tem sido recomendada. Acredita-se que o aumento da força desses músculos altere o padrão de movimento do membro inferior durante as atividades funcionais, reduzindo o estresse femoropatelar. Entretanto, há escassez de informações referentes aos efeitos clínicos e biomecânicos de um treinamento composto por esses exercícios associado com a utilização de recursos educacionais para a correção do alinhamento do membro inferior, denominado treinamento de estabilização funcional (TEF). Assim, os objetivos dessa tese foram: verificar os efeitos do TEF em mulheres saudáveis, comparar os efeitos do tratamento convencional com o TEF em mulheres com DFP e verificar as variáveis mediadoras das alterações cinemáticas do membro inferior e tronco no plano frontal resultantes da participação no TEF. A avaliação cinemática do membro inferior e tronco foi realizada durante o agachamento unipodal por meio da utilização de um sistema de câmeras e de rastreamento eletromagnético. O torque do quadril e joelho foi avaliado por um dinamômetro isocinético e a resistência dos músculos do tronco mensurada através da manutenção de posturas estáticas. O rendimento funcional foi verificado através dos testes de salto triplo unipodal, salto unipodal de 6 metros cronometrado e da aplicação do questionário *Lower Extremity Functional Scale*. A intensidade de dor no joelho foi verificada através de uma escala visual analógica e a percepção de melhora subjetiva das pacientes foi verificada pelo *Global Rating of Chang Scale*. Os resultados dessa tese demonstraram que o TEF reduziu a excursão de movimento de depressão contralateral da pelve, adução do quadril e abdução do joelho nas mulheres saudáveis e com DFP. Ainda, o TEF reduziu a inclinação ipsilateral do tronco e aumentou a anteversão da pelve e flexão do quadril em mulheres com DFP. O TEF também foi efetivo para aumentar o torque do quadril e joelho e a capacidade funcional das mulheres saudáveis e com DFP, assim como, a resistência dos músculos do tronco em pacientes com DFP. As pacientes que realizaram o TEF apresentaram menor intensidade de dor no joelho e maior percepção global de melhora clínica ao término da intervenção. Finalmente, foi observado que o aumento da força dos músculos glúteos foi associado com a melhora do alinhamento dinâmico do membro inferior e tronco no plano frontal. Assim, os resultados dessa tese demonstraram que o TEF é capaz de promover efeitos biomecânicos significativos no membro inferior de mulheres saudáveis e com DFP, além de gerar melhoras clínicas mais acentuadas em pacientes com DFP quando comparado ao tratamento convencional.

**Palavras-chave:** biomecânica; cinemática; dinamômetro isocinético; dor femoropatelar; fisioterapia.

## ABSTRACT

---

Hip and trunk strengthening exercises have been included in preventive programs and treatment protocols for patellofemoral pain (PFP). It is believed that the strengthening of these muscles might change the lower limb movement pattern during functional activities, reducing the patellofemoral stress. However, there is limited evidence about the clinical and biomechanical effects of the treatment focused on hip and trunk muscle strengthening and lower limb and trunk movement control, named functional stabilization training (FST). Thus, the objectives of this thesis were to verify the effects of the FST in healthy females, to compare the effects of the FST to the standard treatment (ST) in females with PFP, and to determine the muscle function mechanism(s) by which the FST leads to kinematic changes in the frontal plane. The 3D kinematics was assessed during the single-leg squat using a camera system and an electromagnetic tracking system. The hip and knee isokinetic torque was assessed with an isokinetic dynamometer and trunk muscle resistance was evaluated by way of sustained static postures. The functional performance was evaluated using the single-leg triple hop test, the timed 6-m single-leg hop test, and the Lower Extremity Functional Scale. The pain intensity was assessed with a 10cm visual analogue scale and the Global Rating of Change Scale was used to measure perceived improvement. The results of this thesis demonstrated that the healthy females and the patients with PFP performing the FST decreased the movement excursion of contralateral pelvis depression, hip adduction and knee abduction. Moreover, the patients performing the FST also decreased ipsilateral trunk inclination and increased pelvis anteversion and flexion. The FST was also effective in increasing hip and knee torque and functional performance in healthy females and in the patients with PFP as well as the trunk muscle endurance in PFP patients. The patients who performed the FST also showed less knee pain intensity and greater perceived improvement when compared to the patients who performed the ST. Finally, the strengthening of the gluteus muscles was associated with improvement of lower limb and trunk kinematics in the frontal plane. Therefore, the results of this thesis show that the FST causes significant lower limb biomechanical effects in healthy females and in patients with PFP. Moreover, the FST causes greater clinical improvements in patients with PFP when compared to the ST.

**Key words:** biomechanics; isokinetic dynamometer; kinematics; physical therapy; patellofemoral pain.

## LISTA DE TABELAS

---

Página

### ESTUDO I:

<b>Tabela 1</b> – Características demográficas da amostra estudada (Média ± Desvio-padrão).	29
<b>Tabela 2</b> – Cinemática do joelho, fêmur e pelve durante o agachamento unipodal (Média ± Desvio-padrão).	46
<b>Tabela 3</b> – Rendimento funcional e torque excêntrico do quadril e joelho (Média ± Desvio-padrão)	48

### ESTUDO II:

<b>Tabela 1</b> – Características demográficas das pacientes.	76
<b>Tabela 2</b> – Efeito do treinamento sobre a dor, rendimento funcional e melhora global utilizando análise por intenção de tratamento.	78
<b>Tabela 3</b> – Efeito do treinamento sobre a cinemática do membro inferior e tronco durante o agachamento unipodal.	79
<b>Tabela 4</b> – Efeito do treinamento sobre a resistência dos músculos do tronco e no torque excêntrico do quadril e joelho.	81

### ESTUDO III:

<b>Tabela 1</b> – Características demográficas das pacientes.	101
<b>Tabela 2</b> – Efeito das intervenções sobre as variáveis de torque excêntrico do quadril, resistência do tronco e cinemática do membro inferior e tronco.	101
<b>Tabela 3</b> – Análise de regressão sobre a associação entre a forma de intervenção e a cinemática no plano frontal (primeira condição) e sobre a associação entre o tipo de intervenção e o torque excêntrico de quadril e a resistência do tronco (segunda condição).	103
<b>Tabela 4</b> – Análise de regressão da associação entre os potenciais mediadores (determinados na segunda regressão) e as variáveis cinemáticas após controlar pela variável preditora (tipo de intervenção) – terceira condição.	104
<b>Tabela 5</b> – Estimativa do efeito indireto das variáveis mediadoras em potencial.	105

## LISTA DE FIGURAS

---

Página

### ESTUDO I:

**Figura 1** – Objeto utilizado para a calibração das câmeras e para a definição do sistema de coordenada global. 31

**Figura 2** – Posicionamento da participante para a avaliação do torque excêntrico abductor/adutor do quadril. 36

**Figura 3** – Posicionamento da participante para a avaliação do torque excêntrico rotador lateral/medial do quadril. 37

**Figura 4** – Posicionamento da participante para a avaliação do torque excêntrico flexor/extensor do joelho. 38

**Figura 5** – Exercícios sem descarga do peso corporal (A-D) e treinamento dos músculos do tronco (E-F) realizados na primeira fase da intervenção. A - Abdução/rotação lateral/extensão do quadril em decúbito lateral. B - Extensão/rotação lateral do quadril com o joelho flexionado em decúbito ventral. C - Rotação lateral/abdução/extensão do quadril em 4 apoios. D - Abdução/rotação lateral do quadril com leve flexão de quadril e joelho em decúbito lateral. E - Apoio unipodal sobre superfície instável com manutenção do alinhamento pélvico e co-contração dos músculos profundos do tronco. F - Postura sentada sobre bola suíça com co-contração dos músculos profundos do tronco. 41

**Figura 6** – Exercícios de tronco (A-B) e com descarga do peso corporal (C-F) realizados na segunda fase da intervenção. A - Ponte lateral com apoio nos joelhos. B - Ponte ventral com apoio nos joelhos. C - Extensão do ombro contralateral com apoio unipodal e manutenção do alinhamento pélvico. D - Rotação lateral do quadril em cadeia cinética fechada. E - Elevação pélvica contralateral. F - Apoio unipodal sobre superfície instável com perturbação externa de uma medicine ball. 42

**Figura 7** – Exercícios de tronco (A-C) e treinamento funcional (D-F) realizados na terceira fase da intervenção. A - Ponte lateral. B - Ponte ventral. C - Postura ajoelhada sobre a bola Suíça. D - Avanço anterior com tração elástica em valgo do joelho. E - Agachamento unipodal com tração elástica em valgo do joelho. F - Descida anterior de degrau com tração elástica em valgo do joelho. 43

### ESTUDO II:

**Figura 1** – Fluxograma de acordo com as orientações do CONSORT. Abreviação: EVA, Escala Visual Analógica. 61

**Figura 2** – Posicionamento dos sensores eletromagnéticos utilizado durante a avaliação cinemática. 65

**Figura 3** – Protocolo de tratamento realizado pelo grupo treinamento convencional. 70

**Figura 4** – Protocolo de tratamento realizado pelo grupo treinamento de estabilização funcional. 72

### **ESTUDO III:**

**Figura 1** – Modelo de representação dos efeitos da variável preditora sobre os desfechos estudados. 99

## SUMÁRIO

---

	Página
<b>CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	15
<b>TEMA DE INTERESSE</b>	22
<b>HISTÓRICO DA COMPOSIÇÃO DA TESE</b>	23
<b>ESTUDO I:</b> Efeito do treinamento de estabilização funcional sobre a biomecânica do membro inferior de mulheres	
Resumo	25
Introdução	26
Métodos	28
Resultados	44
Discussão	49
Conclusão	53
<b>ESTUDO II:</b> Efeito do treinamento de estabilização funcional sobre a dor, função e biomecânica do membro inferior de mulheres com dor femoropatelar: Um ensaio clínico randomizado.	
Resumo	55
Introdução	57
Métodos	59
Resultados	75
Discussão	82
Conclusão	87
<b>ESTUDO III:</b> Treinamento de estabilização funcional em mulheres com dor femoropatelar: Avaliação do torque excêntrico do quadril e resistência do tronco como mediadores das alterações cinemáticas do membro inferior e tronco no plano frontal em um ensaio clínico randomizado	
Resumo	89
Introdução	90

Métodos	92
Resultados	100
Discussão	106
Conclusão	109
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	110
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	111
<b>APÊNDICES</b>	125
<b>ANEXOS</b>	134

## CONTEXTUALIZAÇÃO

---

A dor femoropatelar (DFP) é a lesão mais comum do membro inferior vista nas clínicas de medicina esportiva, sendo que 1 a cada 10 sujeitos que iniciam a prática de atividade física desenvolverão essa desordem (Witvrouw *et al.*, 2000). Ainda, a incidência da DFP nas mulheres é aproximadamente 2,2 vezes maior do que nos homens (Boling *et al.*, 2009). Os pacientes com DFP apresentam dor anterior e/ou retropatelar de origem insidiosa e atraumática que se exacerba principalmente durante a realização de atividades com descarga do peso corporal, como agachamento e subida e/ou descida de escada (Ireland *et al.*, 2003). Embora a fisiopatologia da DFP ainda não seja completamente elucidada, acredita-se que a presença de desequilíbrios musculares locais e proximais, redução de flexibilidade e realização de padrões de movimento anormais contribua para o aumento do estresse da cartilagem articular, do osso subcondral e dos estabilizadores passivos da articulação femoropatelar, resultando em dor e limitação funcional (Lee *et al.*, 2003; Powers, 2003; 2010).

Uma possível explicação para a maior incidência da DFP nas mulheres concerne ao padrão de movimento do membro inferior adotado pelas mesmas durante a realização de atividades funcionais, sendo que a principal característica observada consiste na maior excursão de movimento de abdução do joelho (Baldon *et al.*, 2011; Ferber *et al.*, 2003; Ford *et al.*, 2006). Sabe-se que no plano frontal a patela é submetida a duas forças não-colineares: o vetor de força do tendão quadriciptal e o vetor de força do tendão patelar. A interação desses dois vetores resulta no ângulo do quadríceps (ângulo Q), o qual é diretamente influenciado pela excursão de movimento de abdução do joelho. Quanto maior a obliquidade entre esses vetores, maior será a força resultante lateral atuando sobre a patela. Tem sido verificado que o aumento de 10° do ângulo Q promove uma elevação em 45% da pressão de contato no aspecto lateral da articulação femoropatelar (Huberti e Hayes, 1984), revelando as consequências do excesso de movimento de abdução do joelho.

Diversos estudos também verificaram que as mulheres, quando comparadas aos homens, apresentam maior excursão de movimento de adução (Baldon *et al.*, 2011; Ferber *et al.*, 2003; Hewett *et al.*, 2006; Zeller *et al.*, 2003) e rotação medial do quadril (Chumanov *et al.*, 2008; Feber *et al.*, 2003; Hurd *et al.*, 2004) durante a realização de atividades com descarga do peso corporal. O movimento de adução do quadril está intimamente relacionado com a magnitude da abdução do joelho e, dessa forma, contribui diretamente para o aumento do ângulo Q (Hollman *et al.*, 2009). Ainda, a excessiva rotação medial do quadril reduz a área de contato femoropatelar no compartimento lateral, aumentando o estresse articular nessa região (Lee *et al.*, 2003; Powers, 2010). Tem sido verificado que os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril são importantes para controlar os movimentos de adução e rotação medial, respectivamente, durante a realização de atividades funcionais (Baldon *et al.*, 2011; Dierks *et al.*, 2008; Souza e Powers, 2009). Ainda, alguns estudos verificaram a importância desses músculos no controle da abdução do joelho (Baldon *et al.*, 2011; Jacobs e Mattacola, 2005; Willson *et al.*, 2006). Dessa forma, acredita-se que os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril promovam a manutenção do alinhamento dinâmico do quadril nos planos frontal e transversal, reduzindo o estresse femoropatelar (Powers, 2010).

Como a capacidade de geração de força pelos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril parece contribuir para a manutenção do alinhamento dinâmico do membro inferior, torna-se fundamental determinar a influência do fortalecimento dessa musculatura sobre a cinemática do membro inferior em mulheres saudáveis, uma vez que tal informação auxiliaria na elaboração de condutas preventivas para a DFP. Porém, poucos estudos avaliaram os efeitos do fortalecimento específico dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril na cinemática do membro inferior. Herman *et al.* (2008) relataram aumento da força isométrica dos músculos do quadril após o treinamento em cadeia cinética aberta, porém, não verificaram alterações das variáveis cinemáticas avaliadas durante a aterrissagem de atividades de salto. Ainda, Snyder *et al.* (2009) relataram que um programa de fortalecimento em cadeia cinética fechada resultou em aumento da força

isométrica abdução e rotadora lateral do quadril e apenas uma tendência de diminuição da rotação medial do quadril durante a corrida. Em ambos os estudos, os autores concluíram que apenas o fortalecimento dos músculos do quadril parece não ser suficiente para causar mudanças significativas do padrão de movimento do membro inferior.

Embora alguns autores sugiram que a realização de exercícios funcionais utilizando estratégias educacionais para a correção do alinhamento dinâmico do membro inferior seja fundamental para garantir mudanças significativas do padrão de movimento (Kato *et al.*, 2008; Noehren *et al.*, 2011), não foram encontrados estudos que avaliaram os efeitos de um treinamento que tenha incorporado essa conduta em associação com o fortalecimento dos músculos do quadril. A verificação dos efeitos dessa forma de intervenção seria importante para incrementar a prescrição do treinamento físico que objetiva a prevenção da DFP através da manutenção do alinhamento dinâmico do membro inferior durante a realização de atividades funcionais.

Em relação ao tratamento dos pacientes com DFP, as condutas terapêuticas são tradicionalmente focadas nos fatores etiológicos locais. Assim, o tratamento convencional da DFP é geralmente composto por exercícios de alongamento das estruturas periarticulares ao joelho (banda iliotibial, retináculo lateral, quadríceps e isquiotibiais) e fortalecimento do músculo quadríceps (Witvrouw *et al.*, 2000). Entretanto, uma recente revisão sistemática verificou efeitos benéficos da incorporação de exercícios de fortalecimento dos músculos do quadril nos programas de intervenção terapêutica dos pacientes com DFP (Peters e Tyson, 2013).

Atualmente, fatores proximais à articulação do joelho, como o pobre controle dos movimentos do quadril e do tronco nos planos frontal, transversal e sagital tem sido relacionados ao desenvolvimento da DFP (Powers, 2010). Embora existam alguns resultados inconsistentes (Barton *et al.*, 2011; Bolgla *et al.*, 2008), diversos estudos verificaram maiores excursões angulares de adução (Nakagawa *et al.*, 2012a; 2012b; Willson e Davis, 2008; 2009) e rotação medial do quadril (Souza *et al.*, 2010; Souza e Powers, 2009), assim como, inclinação ipsilateral do tronco (Nakagawa *et al.*, 2012a; 2012b) em sujeitos com DFP durante a realização de atividades funcionais. Como

discutido acima, os movimentos excessivos de adução e rotação medial do quadril contribuem para o aumento do estresse femoropatelar. Ainda, a excessiva inclinação ipsilateral do tronco desloca o vetor de força de reação do solo lateralmente ao centro articular do joelho, resultando em aumento do momento externo abductor do joelho, o qual, por sua vez, favorece o aumento do ângulo Q e do estresse femoropatelar (Powers, 2010). Em relação ao plano sagital, Powers (2010) sugeriu que um subgrupo de pacientes com DFP realiza atividades funcionais com redução da amplitude de movimento de flexão do quadril e aumento da anteversão da pelve e extensão do tronco, resultando em um deslocamento posterior do centro de massa e conseqüente aumento do momento externo flexor do joelho. Esse padrão de movimento tem sido associado com inibição dos músculos extensores do quadril e tronco, assim como, aumento do recrutamento do músculo quadríceps (Blackburn e Padua, 2009; Pollard *et al.*, 2010), resultando em aumento da compressão femoropatelar.

Como mencionado acima, menores valores de torque abductor, rotador lateral e extensor do quadril tem sido relacionados com maiores excursões de movimento de adução (Dierks *et al.*, 2008) e rotação medial dessa articulação (Souza e Powers, 2009), assim como, de abdução do joelho (Baldon *et al.*, 2011; Jacobs e Mattacola, 2005). Acredita-se que a fraqueza desses grupos musculares pode promover um mau-alinhamento dinâmico do membro inferior e ser um possível fator etiológico da DFP. Ainda, a fraqueza dos músculos extensores do quadril pode favorecer a realização de atividades funcionais com pequena amplitude de flexão do quadril, resultando em aumento do recrutamento do quadríceps e da compressão femoropatelar (Powers, 2010). Tais hipóteses são sustentadas por diversos estudos que verificaram redução do torque isométrico (Souza e Powers, 2009; Willson e Davis, 2009), concêntrico (Souza e Powers, 2009) e excêntrico (Baldon *et al.*, 2009; Souza e Powers, 2009) desses grupos musculares em sujeitos com DFP.

Embora os músculos do quadril sejam fundamentais para controlar os movimentos do membro inferior, é necessário que os músculos do tronco também promovam um controle satisfatório dos movimentos da coluna lombar e pelve, garantindo assim uma base estável para a

fixação proximal dos músculos do quadril (Nadler *et al.*, 2002). Acredita-se que uma base mais estável resulte em maior capacidade de produção de força pelos músculos do quadril e, conseqüentemente, melhor manutenção do alinhamento dinâmico do membro inferior durante a prática de atividades físicas (Mascal *et al.*, 2003). Embora seja ainda pouco explorado na literatura, estudos transversais demonstraram que sujeitos com DFP apresentam redução da força de inclinação lateral do tronco quando comparados a um grupo controle (Cowan *et al.*, 2009; Willson e Davis, 2009).

Apesar das evidências demonstrando fraqueza dos músculos que compõe o complexo lombar-pelve-quadril em sujeitos com DFP (Prins e van der Wurff, 2009), poucos estudos verificaram o efeito do tratamento focado no fortalecimento desses músculos. Mascal *et al.* (2003) relataram os efeitos do fortalecimento dos músculos do quadril e tronco em duas pacientes com DFP. Após 14 semanas de intervenção, os autores verificaram, em ambas as pacientes, melhora da dor e limitação funcional, aumento da força glútea e melhora do padrão de movimento durante atividades funcionais. Nakagawa *et al.* (2008) examinaram o efeito da inclusão de exercícios de fortalecimento do complexo lombar-pelve-quadril ao programa convencional de reabilitação de pacientes com DFP. Após seis semanas de intervenção, foi observado melhora dos níveis de dor e aumento da atividade eletromiográfica do músculo glúteo médio apenas no grupo que realizou o tratamento associado. Similarmente, Fukuda *et al.* (2010) compararam essas duas formas de tratamento em 70 mulheres com DFP. Após 4 semanas de intervenção, foi verificado que embora ambos os grupo tenham apresentado melhora nos níveis de dor e da capacidade funcional quando comparado a um grupo controle, apenas o grupo que realizou o tratamento convencional associado ao fortalecimento do complexo lombar-pelve-quadril apresentou melhora suficiente para ser considerada clinicamente significativa. Tais resultados foram mantidos após um ano do término da intervenção (Fukuda *et al.*, 2012). Recentemente, Earl e Hoch (2011) demonstraram que uma intervenção de 8 semanas, composta tanto pelo tratamento convencional quanto por exercícios de fortalecimento do complexo lombar-pelve-quadril foi efetiva para reduzir a dor, aumentar a

funcionalidade e a força muscular, assim como, reduzir o momento em abdução do joelho durante a corrida em 18 mulheres com DFP.

Apesar desses estudos apresentarem informações clínicas relevantes, eles possuem importantes limitações metodológicas. Nos estudos realizados por Mascari *et al.* (2003) e Nakagawa *et al.* (2008) as amostras foram pequenas, enquanto que no estudo de Earl e Hoch (2011) não houve a presença de um grupo controle, tornando os resultados limitados. Ainda, existe apenas limitada evidência na literatura suportando a hipótese de que exercícios de fortalecimentos dos músculos do quadril são capazes de melhorar o controle dinâmico dos movimentos do membro inferior e tronco (Earl e Hoch, 2011). Embora pacientes com DFP apresentem comprometimento do controle dinâmico dos movimentos do membro inferior associado com fraqueza dos músculos do quadril e tronco, existe apenas limitada evidência sobre os efeitos biomecânicos de um programa de intervenção focado na melhora desses fatores. Uma análise biomecânica abrangente poderia determinar as variáveis relacionadas com o sucesso dos programas de intervenção compostos por exercícios de fortalecimento dos músculos do quadril.

Finalmente, tem sido empiricamente descrito que o aumento da força dos músculos do quadril e tronco como resultado da participação em um programa de intervenção focado na realização de exercícios resistidos é capaz de alterar o padrão de movimento do membro inferior e do tronco no plano frontal em pacientes com DFP (Fukuda *et al.*, 2012; 2010; Khayambashi *et al.*, 2012; Nakagawa *et al.*, 2008), contribuindo dessa forma para a redução do estresse femoropatelar e da dor. Entretanto, os desenhos experimentais desses estudos não permitem tal conclusão, sendo necessário a realização de uma análise de mediadores para a confirmação dessa hipótese. Mediadores de um tratamento identificam os possíveis mecanismos pelos quais um tratamento consegue alcançar seus efeitos, podendo ser considerados os fatores causais das alterações observadas após a intervenção (Kraemer *et al.*, 2002). O entendimento dos mecanismos envolvidos para se alcançar os objetivos em um tratamento permitiria o desenvolvimento de uma intervenção em que os componentes eficientes pudessem ser enfatizados e refinados, enquanto que os

componentes redundantes poderiam ser descartados. Assim, torna-se fundamental verificar se o aumento da força dos músculos do quadril e tronco como resultado da participação em um programa de intervenção terapêutica está associado com as mudanças do padrão de movimento do membro inferior no plano frontal.

## TEMA DE INTERESSE

---

Diante do exposto, os temas de interesse desta tese foram verificar os efeitos do treinamento de estabilização funcional (tratamento focado no fortalecimento dos músculos do quadril e na correção do padrão de movimento do membro inferior e tronco) sobre variáveis cinemáticas, isocinéticas e funcionais em mulheres jovens saudáveis; comparar os efeitos do tratamento convencional (focado no fortalecimento do músculo quadríceps) com o treinamento de estabilização funcional sobre variáveis clínicas e biomecânicas em mulheres jovens com dor femoropatelar; e analisar os possíveis mediadores responsáveis pelas mudanças cinemáticas observadas como consequência da realização do treinamento de estabilização funcional em mulheres com dor femoropatelar.

## HISTÓRICO DA COMPOSIÇÃO DA TESE

---

A presente tese de doutorado é composta por três artigos originais. O estudo I contemplou a avaliação dos efeitos biomecânicos de um treinamento de estabilização funcional realizado durante oito semanas por mulheres jovens saudáveis. Os resultados desse auxiliarão no planejamento e delineamento de treinamentos preventivos de lesões do joelho, como as rupturas do ligamento cruzado anterior e o desenvolvimento da dor femoropatelar.

O estudo II teve como objetivo comparar os efeitos do treinamento de estabilização funcional com o tratamento convencional sobre a dor, capacidade funcional, cinemática do membro inferior e tronco, resistência muscular do tronco e torque excêntrico do quadril e joelho em mulheres com dor femoropatelar. Esse foi o primeiro ensaio clínico randomizado que comparou os efeitos biomecânicos dessas duas formas de intervenção. Esse estudo demonstrou a importância da inclusão de exercícios focados no fortalecimento dos músculos do quadril e tronco, bem como, de recursos educacionais para a correção do padrão de movimento do membro inferior durante a realização de atividades funcionais.

Finalmente, no estudo III foram investigados os possíveis mediadores das mudanças cinemáticas do membro inferior observadas nas pacientes com dor femoropatelar que realizaram o treinamento de estabilização funcional (estudo II). Esse estudo ressaltou a importância do fortalecimento dos músculos glúteos para a melhora do padrão de movimento do membro inferior e tronco no plano frontal durante a realização do agachamento unipodal.

**Efeito do treinamento de estabilização funcional sobre a biomecânica do  
membro inferior de mulheres saudáveis**

*Artigo publicado no periódico Medicine & Science in Sports Exercise*

## RESUMO

**Objetivo:** Verificar os efeitos do treinamento de estabilização funcional sobre a cinemática do membro inferior, rendimento funcional e torque excêntrico do quadril e joelho.

**Métodos:** Vinte e oito mulheres foram divididas em um grupo que realizou o treinamento de estabilização funcional por oito semanas (GT;  $n = 14$ ) e um grupo controle (GC;  $n = 14$ ) o qual não realizou nenhuma forma de intervenção durante esse período. A avaliação cinemática do membro inferior foi realizada durante o agachamento unipodal. O rendimento funcional foi verificado por meio dos testes de salto triplo unipodal e de salto unipodal de 6 metros cronometrado. O torque excêntrico abductor, adutor, rotador medial e lateral do quadril, assim como, flexor e extensor do joelho foram avaliados por meio de um dinamômetro isocinético.

**Resultados:** Após oito semanas de intervenção, somente o GT reduziu significativamente a excursão de movimento de abdução do joelho (de  $-6,86^\circ$  para  $1,49^\circ$ ), depressão pélvica contralateral (de  $-10,21^\circ$  para  $-7,86^\circ$ ) e adução do fêmur (de  $7,08^\circ$  para  $5,19^\circ$ ), assim como, aumentou a excursão de movimento de rotação lateral do fêmur (de  $-0,55^\circ$  para  $-3,67^\circ$ ). Similarmente, somente o GT aumentou significativamente os valores no teste de salto triplo unipodal (de 3,52m para 3,92m) e reduziu significativamente os valores no teste de salto unipodal de 6 metros cronometrado (de 2,43s para 2,14s). Finalmente, somente o GT aumentou significativamente o torque excêntrico abductor do quadril ( $1,31 \text{ N.m.kg}^{-1}$  para  $1,45 \text{ N.m.kg}^{-1}$ ), rotador lateral do quadril (de  $0,75 \text{ N.m.kg}^{-1}$  para  $0,91 \text{ N.m.kg}^{-1}$ ), rotador medial do quadril (de 1,45 para  $1,66 \text{ N.m.kg}^{-1}$ ), flexor do joelho (de  $1,43 \text{ N.m.kg}^{-1}$  para  $1,55 \text{ N.m.kg}^{-1}$ ) e extensor do joelho (de  $3,46 \text{ N.m.kg}^{-1}$  para  $4,40 \text{ N.m.kg}^{-1}$ ) após a intervenção.

**Conclusão:** O fortalecimento dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril associado com a realização de exercícios funcionais promoveu melhora do alinhamento dinâmico do membro inferior e aumento do rendimento funcional e da força dos músculos do quadril e joelho.

**Palavras-chave:** Ensaio clínico controlado. Treinamento preventivo. Análise de movimento. Rendimento funcional. Isocinético. Joelho.

## 1. INTRODUÇÃO

Mulheres que realizam esportes envolvendo mudança brusca de direção e aterrissagem possuem de 2 a 6 vezes maior probabilidade de sofrerem rupturas do ligamento cruzado anterior (LCA) quando comparadas aos homens (Arendt e Dick, 1995; Mihata *et al.*, 2006; Waldén *et al.*, 2011). Ainda, a incidência da Síndrome da Dor Femoropatelar (SDFP) é 2,2 vezes maior em mulheres do que em homens (Boling *et al.*, 2010). O crescimento do número de mulheres participando em atividades esportivas durante as últimas três décadas associado com a alta incidência de rupturas do LCA e de desenvolvimento da SDFP nesse gênero tem causado um aumento exponencial do número dessas lesões (Hewett, 2008). Com o intuito de compreender os motivos responsáveis pela discrepância da incidência dessas lesões entre os gêneros, diversos estudos biomecânicos tem sido desenvolvidos para determinar diferenças cinemáticas do membro inferior entre os gêneros durante diversas atividades funcionais e esportivas. Há evidências de que as mulheres, quando comparadas aos homens, realizam atividades de agachamento (Willson *et al.*, 2006) e aterrissagem de um salto (Ford *et al.*, 2006) com maior abdução do joelho, assim como, possuem maior excursão de movimento de adução e rotação medial do quadril durante a fase de apoio da marcha (Hurd *et al.*, 2004) e da corrida (Ferber *et al.*, 2003).

O pobre controle dinâmico dos movimentos do quadril e joelho nos planos coronal e transversal observado nas mulheres durante a realização de atividades em cadeia cinética fechada pode favorecer a ruptura do LCA e o desenvolvimento da SDFP (Powers, 2010). O movimento de adução do quadril tem sido correlacionado positivamente com a excursão de abdução do joelho em atividades com descarga do peso corporal (Ford *et al.*, 2006). Uma vez que há evidência de que a abdução do joelho aumenta a sobrecarga tênsil sobre o LCA (Markolf *et al.*, 1995), a excursão excessiva desses movimentos pode favorecer a lesão dessa estrutura. Os movimentos excessivos de adução do quadril e abdução do joelho também aumentam o ângulo do quadríceps (ângulo Q) e, conseqüentemente, a força de compressão no compartimento femoropatelar lateral (Huberti e

Hayes, 1984). Ainda, o movimento excessivo de rotação medial do quadril pode aumentar a pressão na faceta articular lateral da patela uma vez que a mesma aproxima-se do côndilo femoral lateral (Lee *et al.*, 1994). Estudos prospectivos verificaram que tanto a excursão de movimento de abdução do joelho (Myer *et al.*, 2010) quanto de rotação medial do quadril (Boling *et al.*, 2009b) durante a aterrissagem de um salto são fatores preditores da SDFP.

A relação estabelecida entre a biomecânica do membro inferior com as lesões citadas acima levaram ao desenvolvimento de programas de prevenção das mesmas (Maldelbaum *et al.*, 2005; Myklebust *et al.*, 2003). Um dos componentes desses programas de prevenção refere-se ao fortalecimento dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril, uma vez que esses músculos são fundamentais para o controle dos movimentos de adução (Dierks *et al.*, 2008) e rotação medial (Souza e Powers, 2009) do quadril, assim como, da abdução do joelho (Jacobs e Mattacola, 2005) durante a realização de atividades com descarga do peso corporal. Além disso, diversos autores sugerem que a fraqueza desses músculos possa ser um importante fator responsável pelas rupturas do LCA e para o desenvolvimento da SDFP (Baldon *et al.*, 2009; Boling *et al.*, 2009a; Leetun *et al.*, 2004). Dessa forma, tem sido hipotetizado que o fortalecimento desses músculos poderia evitar os movimentos excessivos de abdução do joelho, adução e rotação medial do quadril, reduzindo a sobrecarga sobre o LCA e na articulação femoropatelar.

Embora a fraqueza dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril possa contribuir para as rupturas do LCA e para o desenvolvimento da SDFP, poucos estudos investigaram os efeitos biomecânicos de um programa específico de fortalecimento dos músculos do quadril em mulheres saudáveis. Estudos prévios verificaram que somente o aumento da força dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril parece não ser suficiente para alterar a cinemática do membro inferior durante atividades funcionais de forma efetiva (Herman *et al.*, 2008; Snyder *et al.*, 2009). Além disso, somente um estudo verificou o efeito desse treinamento sobre o desempenho funcional (Myer *et al.*, 2006a). Um programa de treinamento físico que objetiva a prevenção de

lesões do membro inferior e que, concomitantemente, auxilia para a melhora do rendimento funcional poderia ser mais bem aceito pelos treinadores e atletas.

Durante a realização de atividades funcionais com descarga do peso corporal, a musculatura do complexo lombopélvico (também conhecida como *core*) é fundamental para estabilizar o tronco e a pelve, controlando dessa forma os movimentos que ocorrem nos segmentos distais do membro inferior (Leetun *et al.*, 2004). É possível que um treinamento preventivo focado no fortalecimento dos músculos lombopélvicos associado ao treinamento funcional influencie positivamente no aprendizado motor do alinhamento dinâmico do membro inferior. Assim, os objetivos desse estudo foram verificar os efeitos de um programa de prevenção, chamado de treinamento de estabilização funcional (TEF), sobre: (a) a cinemática do membro inferior durante o agachamento unipodal, (b) o rendimento funcional durante a realização do salto triplo unipodal (STU) e o salto unipodal de 6 metros cronometrado (SUC), e (c) o torque excêntrico do quadril e joelho. Foi hipotetizado que quando comparado ao grupo controle, as mulheres que realizaram o TEF realizariam o agachamento unipodal com menor excursão de movimento de depressão pélvica contralateral, adução e rotação medial do fêmur e abdução do joelho, assim como, apresentariam melhor rendimento funcional e maiores valores de torque excêntrico do quadril e joelho.

## **2. MÉTODOS**

### **2.1. Participantes**

Foram recrutadas 28 mulheres saudáveis praticantes de esporte recreacional por meio de folhetos fixados no campus da Universidade Federal de São Carlos (**TABELA 1**). Uma atleta recreacional foi definida como aquela que realizava atividades aeróbicas e/ou esportivas por pelo menos 30 minutos, 3 vezes na semana. Mulheres com presença de lesões ortopédicas e/ou história de cirurgia nos membros inferiores, doenças cardiovascular, pulmonar, neurológica e/ou sistêmica

que limitassem a realização do programa de prevenção foram excluídas do estudo. Todos os procedimentos experimentais e os potenciais riscos à integridade física das participantes foram esclarecidos previamente e todas leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO I). Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da Universidade Federal de São Carlos (ANEXO II).

**TABELA 1: Características demográficas da amostra estudada (Média ± Desvio-padrão)**

	Grupo Treinamento	Grupo Controle	P
Idade (anos)	20,71 ± 1,72	20,42 ± 1,6	0,79
Altura (metros)	1,64 ± 0,06	1,61 ± 0,07	0,49
Massa corporal (Quilograma)	58,16 ± 10,84	60,17 ± 9,09	0,53
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	21,35 ± 2,9	22,96 ± 3,01	0,89
Quantidade de atividade física por semana (minutos)	205 ± 104,49	209,64 ± 125,15	0,52

## 2.2. Desenho experimental

Esse ensaio clínico piloto controlado e não-randomizado foi realizado no Laboratório de Intervenção e Avaliação em Ortopedia e Traumatologia da Universidade Federal de São Carlos. As participantes foram igualmente divididas em 2 grupos: 1) grupo treinamento (GT;  $n = 14$ ), composto pelas participantes que realizaram o TEF; e o grupo controle (GC;  $n = 14$ ), composto pelas participantes que não realizaram nenhuma forma de intervenção. Devido a problemas logísticos, o procedimento de randomização das participantes não foi realizado. Isso ocorreu porque o setor disponível para a realização da intervenção proposta nesse estudo não estaria disponível durante todo o período necessário para a conclusão do mesmo. Consequentemente, as primeiras 14

participantes elegíveis foram alocadas no GT e o TEF foi iniciado imediatamente, enquanto que as próximas 14 participantes foram alocadas no GC.

As participantes no GT realizaram o TEF durante 8 semanas consecutivas enquanto que as participantes do GC foram instruídas à continuarem suas atividades de vida diária durante esse período. Antes e após o período de 8 semanas, as participantes de ambos os grupos realizaram uma avaliação cinemática (variáveis primárias), funcional e isocinética (variáveis secundárias). Previamente a reavaliação das participantes do GC, as mesmas foram questionadas se elas haviam iniciado ou interrompido alguma atividade física durante o período do experimento, sendo que nenhuma mudança no nível de atividade física foi observada. Todas as avaliações foram realizadas no membro inferior dominante das participantes por um avaliador não-cego quanto ao grupo em que as mesmas estavam alocadas. Para cada participante, o membro inferior dominante foi considerado aquele utilizado para chutar uma bola o mais longe possível.

### **2.3. Avaliação cinemática**

A avaliação cinemática foi realizada durante o agachamento unipodal utilizando 4 câmeras digitais (Panasonic NV – GS180; Matsushita Group, Osaka, Japan) ajustadas em uma frequência de aquisição de 60Hz. As câmeras foram posicionadas de tal forma que pudessem capturar todos os marcadores passivos reflexivos utilizados. As câmeras 1 e 2 foram alocadas anteriormente e as câmeras 3 e 4 póstero-lateralmente as participantes. As câmeras 1 e 2 apresentavam uma angulação de 60° entre elas enquanto que as câmeras 3 e 4 estavam anguladas 60° em relação ao local em que foi executado o agachamento unipodal (120° entre elas). Para o procedimento de calibração, um objeto (1m x 1,8 x 0,8m) foi filmado na área de coleta de dados (**FIGURA 1**). Esse objeto possuía 24 marcadores com posições absolutas conhecidas em relação ao sistema de coordenada cartesiano. O sistema de referência global foi então definido através desse objeto, com o eixo *Y* sendo orientado

superiormente, o eixo  $X$  orientado anteriormente e o eixo  $Z$  orientado à direita das participantes (Wu e Cavanagh, 1995).



**FIGURA 1: Objeto utilizado para a calibração das câmeras e para a definição do sistema de coordenada global.**

Em cada avaliação, 9 marcadores passivos reflexivos (10mm de diâmetro) foram posicionados nas seguintes proeminências ósseas: espinhas ilíacas ântero-superiores, primeira vértebra sacral, trocânter maior do fêmur, epicôndilos medial e lateral do fêmur, cabeça da fibula e maléolos medial e lateral. Essa distribuição dos marcadores foi utilizada tanto para a determinação dos sistemas de coordenada local quanto para a coleta de dados durante a realização do agachamento unipodal. O procedimento de digitalização foi realizado de forma semi-automática utilizando o *software Dvideow* (Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits, Campinas, Brasil) (Figuerola *et al.*, 2003). Nesse procedimento, quando os marcadores não eram identificados

automaticamente devido à aproximação dos mesmos ou devido à presença de algum artefato, a digitalização era realizada manualmente. Esse *software* utiliza o método de Transformação Direta Linear – *Direct Linear Transformation* (DLT) para a representação tridimensional (Abdel-Aziz e Karara, 1971).

Para a execução do agachamento unipodal, as participantes foram inicialmente instruídas a ficar em apoio unipodal sobre o membro inferior dominante, mantendo o joelho contralateral em 90° de flexão e os membros superiores cruzados em frente ao tórax. Essa posição estática foi utilizada para a determinação do alinhamento anatômico do membro inferior, o qual foi considerado como o alinhamento neutro de cada participante. Após esse procedimento, as participantes realizavam o agachamento unipodal até aproximadamente 75° de flexão do joelho e, em seguida, retornavam a posição inicial. Um suporte de metal ajustável foi colocado ao lado das participantes em uma altura que representava a distância do solo ao marcador fixado ao trocânter maior do fêmur necessária para alcançar o ângulo de flexão de joelho determinado (Willson *et al.*, 2006). O tempo de execução do agachamento unipodal foi padronizado em  $2 \pm 0,3$  segundos, controlado por um cronômetro. Cada participante completou três agachamentos para a familiarização e cinco agachamentos para a coleta de dados. Quando algum dos pré-requisitos não era executado, a tentativa era invalidada e um novo agachamento realizado. O menor ângulo de flexão de joelho aceito para análise foi de 65°. Para a análise estatística foi considerada a média dos valores cinemáticos obtidos nos cinco agachamentos.

Após a obtenção dos dados tridimensionais de cada marcador, os mesmos foram exportados para o *software Matlab* (*Mathworks*, Inc., Natick, MA) e filtrados com um filtro de 4ª ordem, zero lag, passa-baixa Butterworth com frequência de corte de 5Hz (Winter, 2005). Em seguida, os sistemas de coordenada local da pelve, fêmur e perna foram definidos e algoritmos foram criados para quantificar os ângulos articulares. As variáveis cinemáticas para a articulação do joelho foram calculadas através da convenção matemática dos ângulos de Euler, utilizando o sistema de coordenada do segmento distal relativo ao sistema de coordenada do segmento proximal (Grood e

Suntay, 1983). Uma vez que acreditamos que os movimentos isolados da pelve e do fêmur são capazes de alterar a sobrecarga sobre o LCA e a articulação femoropatelar, os movimentos desses segmentos foram calculados em relação a eles mesmos. Para tanto, os sistemas de coordena local da pelve e fêmur foram definidos na posição estática e os ângulos relativos desses segmentos em relação suas orientações iniciais foram calculados nos instantes de tempo subsequentes.

As variáveis cinemáticas estudadas foram a elevação/depressão pélvica contralateral, adução/abdução do fêmur, rotação medial/lateral do fêmur, adução/abdução do joelho e rotação medial/lateral do joelho. Essas variáveis representaram a excursão de movimento articular e/ou do segmento, sendo calculadas a partir da subtração dos valores adquiridos quando o joelho encontrava-se no máximo ângulo de flexão durante o agachamento unipodal daqueles obtidos durante a posição estática. Por convenção, as variáveis cinemáticas com valores positivos representam a elevação pélvica contralateral; adução e rotação medial do fêmur; adução, rotação medial e extensão do joelho.

O erro experimental da avaliação cinemática foi verificado por meio do teste de especificidade (Ehara *et al.*, 1997). Esse erro foi obtido através dos valores de acurácia e precisão que foram calculados de acordo com a seguinte equação:

$$\text{erro : } e = \sqrt{a^2 + p^2}$$

$$\text{acurácia : } a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |v - d(i)|$$

$$\text{precisão : } p = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^n (d(i) - \bar{d})^2}$$

Onde  $||$  = módulo de um vetor,  $v$  = valor real da distância de dois marcadores fixados em uma barra rígida obtida através de mensuração direta,  $d(i)$  ( $i = 1, \dots, n$ ) = número de medidas realizadas (número de linhas da matrix de dados),  $\bar{d}$  = valor médio das  $n$  medidas. Portanto, quanto menor for a somatória dos valores de precisão e acurácia, menor será o valor do erro experimental.

Nesse estudo, o erro experimental foi de 2,8mm, a acurácia de 2,4mm e a precisão de 1,4mm.

#### **2.4. Avaliação funcional**

A avaliação funcional foi realizada imediatamente após a avaliação cinemática. Como forma de aquecimento, previamente a avaliação funcional todas as participantes realizaram cinco minutos de caminhada em esteira em uma velocidade de 6 Km/h e auto-alongamento dos músculos da coxa. Em seguida, as participantes realizaram uma familiarização composta por três tentativas máximas de cada teste funcional.

As participantes iniciaram ambos os testes funcionais com apoio unipodal sobre o membro inferior dominante, com o pé posicionado imediatamente atrás à demarcação de início do teste. Ainda, as participantes mantiveram os braços atrás do corpo para evitar a contribuição do balanço dos mesmos durante os testes, aumentando dessa forma a demanda funcional sobre o membro inferior avaliado. Especificamente para o STU, as participantes realizaram três saltos consecutivos e máximos sobre o membro inferior dominante, sendo necessário a manutenção do equilíbrio unipodal após a última aterrissagem por pelo menos 2 segundos para a validação do teste. Para a mensuração da distância alcançada, uma fita métrica padrão fixada no solo perpendicular à linha de início do teste foi utilizada. Em relação ao SUC, as participantes completaram a distância pré-estabelecida de 6 metros realizando saltos unipodais sobre o membro inferior dominante no menor tempo possível, sem desacelerar em nenhum instante antes de cruzar a linha representando o final do teste. Um cronômetro (Timex marathon, Timex Group USA, Inc., Middlebury, CT) foi usado para mensurar o tempo de execução desse teste funcional. Os testes funcionais foram invalidados e, conseqüentemente, repetidos, quando as participantes utilizavam os membros superiores como estratégia de propulsão ou se elas perdessem equilíbrio durante a execução dos testes.

Cada participante realizou 3 tentativas válidas de cada teste funcional, sendo que a ordem de realização dos mesmos foi determinada por sorteio. Entre cada tentativa de um mesmo teste e entre os testes, as participantes tiveram 1 e 3 minutos de repouso, respectivamente. Para análise estatística foi considerada a maior distância alcançada no STU (metros) e o menor tempo de execução do SUC (segundos) independente da tentativa. Doze participantes selecionadas aleatoriamente foram recrutadas para a determinação da confiabilidade intra-avaliador desses testes. Para tanto, elas foram avaliadas em 2 momentos distintos separados por um período de 1 semana. Os coeficientes de correlação intraclassa ( $ICC_{3,1}$ ) e o erro padrão da medida (EPM) foram 0,92 (0,15m) para o STU e 0,86 (0,09s) para o SUC.

## **2.5. Avaliação isocinética**

A avaliação isocinética foi realizada no dinamômetro isocinético *Biodex System 2* (*Biodex Medical System Inc.*, New York, NY, USA), em um intervalo de tempo de 48 a 96 horas após a avaliação funcional. Previamente às avaliações, o dinamômetro foi calibrado e as participantes realizaram um aquecimento em esteira ergométrica similar ao descrito anteriormente. Uma vez que os principais músculos focados no programa de intervenção (abdutores e rotadores lateral do quadril) devem atuar excêntrica para controlar os movimentos excessivos de adução e rotação medial do quadril, respectivamente, durante a fase de contato do calcâneo com o solo em atividades funcionais com descarga de peso (Ferber *et al.*, 2003; Powers, 2010), optou-se por realizar uma avaliação isocinética excêntrica dos mesmos. Os procedimentos utilizados foram similares aos utilizados em estudo prévio (Nakagawa *et al.*, 2008) e a ordem de execução dos testes também foi determinada por sorteio.

Especificamente, a avaliação do torque excêntrico adutor/abdutor do quadril foi realizada com as participantes em decúbito lateral, com o membro inferior avaliado paralelo ao solo e em posição neutra de flexão/extensão e rotação medial/lateral do quadril, mantendo o joelho em

completa extensão. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado a um ponto representando a intersecção de duas linhas. Uma linha direcionada inferiormente à espinha íliaca pósterio-superior em sentido ao joelho, e a outra linha orientada medialmente e posteriormente ao trocânter maior do fêmur. A plataforma de resistência do dinamômetro foi posicionada lateralmente à coxa do membro inferior avaliado, 5 cm acima da base da patela, e as participantes foram orientadas a manter o joelho em extensão completa. A estabilização do tronco e do membro inferior não-avaliado foi realizada por meio de dois cintos, um proximalmente à crista íliaca e o outro no pé, respectivamente (**FIGURA 2**). A amplitude de movimento do teste foi de 0° até 30° de abdução do quadril.



**FIGURA 2: Posicionamento da participante para a avaliação do torque excêntrico abductor/adutor do quadril.**

A avaliação do torque excêntrico rotador medial/lateral do quadril foi realizada com as participantes sentadas, joelhos e quadris flexionados à 90° e com o quadril do membro inferior a ser avaliado em 10° de rotação medial. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado ao centro da patela e a plataforma de resistência posicionada 5 cm acima do maléolo lateral. A estabilização do tronco e do membro inferior avaliado foi realizada por meio de quatro cintos, dois diagonais cruzando o tronco, um pélvico e outro no terço distal da coxa (**FIGURA 3**). A amplitude de

movimento do teste foi de 10° de rotação medial até 20° de rotação lateral do quadril (Baldon et al, 2009). Em ambas as avaliações da articulação do quadril, a velocidade angular utilizada foi de 30°/s. Embora a velocidade angular do quadril seja maior do que 30°.s<sup>-1</sup> durante atividades funcionais, como a aterrissagem de um salto (Jacobs e Mattacola, 2005), uma velocidade mais baixa foi escolhida para aumentar a fase isocinética do teste. Devido a pequena amplitude de movimento disponível para a realização dos testes de quadril, altas velocidades poderiam reduzir a fase isocinética do teste a subestimar a capacidade de produção de torque.



**FIGURA 3: Posicionamento da participante para a avaliação do torque excêntrico rotador lateral/medial do quadril.**

A avaliação do torque excêntrico extensor/flexor do joelho foi realizada com as participantes sentadas e com os joelhos e quadris flexionados à 90°. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado ao epicôndilo lateral do fêmur e a plataforma de resistência posicionada 5 cm acima do maléolo lateral. A estabilização das participantes foi idêntica à da avaliação do torque rotador do quadril (**FIGURA 4**). A amplitude de movimento do teste foi de 90° até 20° de extensão do joelho (extensão completa = 0°) e a velocidade angular foi de 60°.s<sup>-1</sup>.



**FIGURA 4: Posicionamento da participante para a avaliação do torque excêntrico flexor/extensor do joelho.**

O processo de familiarização foi composto por 1 série de 5 contrações excêntricas recíprocas submáximas e 1 série de 2 contrações excêntricas recíprocas máximas, com 1 minuto de repouso entre elas. Após 1 minuto do término da familiarização, as participantes realizaram 2 séries de 5 contrações excêntricas recíprocas máximas, com um repouso de 3 minutos entre elas. Encorajamento verbal foi fornecido para estimular todas as participantes a produzir o máximo torque. Para corrigir a influência da gravidade sobre os dados adquiridos, os membros inferiores das mesmas foram pesados em cada teste conforme instruções do manual de operações do dinamômetro. Para análise estatística foi utilizado o valor de pico de torque normalizado pela massa corporal, o qual poderia ser obtido na primeira ou segunda série da avaliação. Nove participantes selecionadas aleatoriamente foram recrutadas para a determinação da confiabilidade intra-avaliador desses testes. Para tanto, elas foram avaliadas em 2 momentos distintos separados por um período

de 1 semana. Os ICC<sub>3,1</sub> e o EPM foram 0,97 (0,07 N.m.kg<sup>-1</sup>) para o torque abdutor, 0,78 (0,16 N.m.kg<sup>-1</sup>) para o torque adutor, 0,87 (0,07 N.m.kg<sup>-1</sup>) para o torque rotador lateral, 0,92 (0,11 N.m.kg<sup>-1</sup>) para o torque rotador medial, 0,92 (0,14 N.m.kg<sup>-1</sup>) para o torque extensor do joelho e 0,81 (0,07 N.m.kg<sup>-1</sup>) para o torque flexor do joelho.

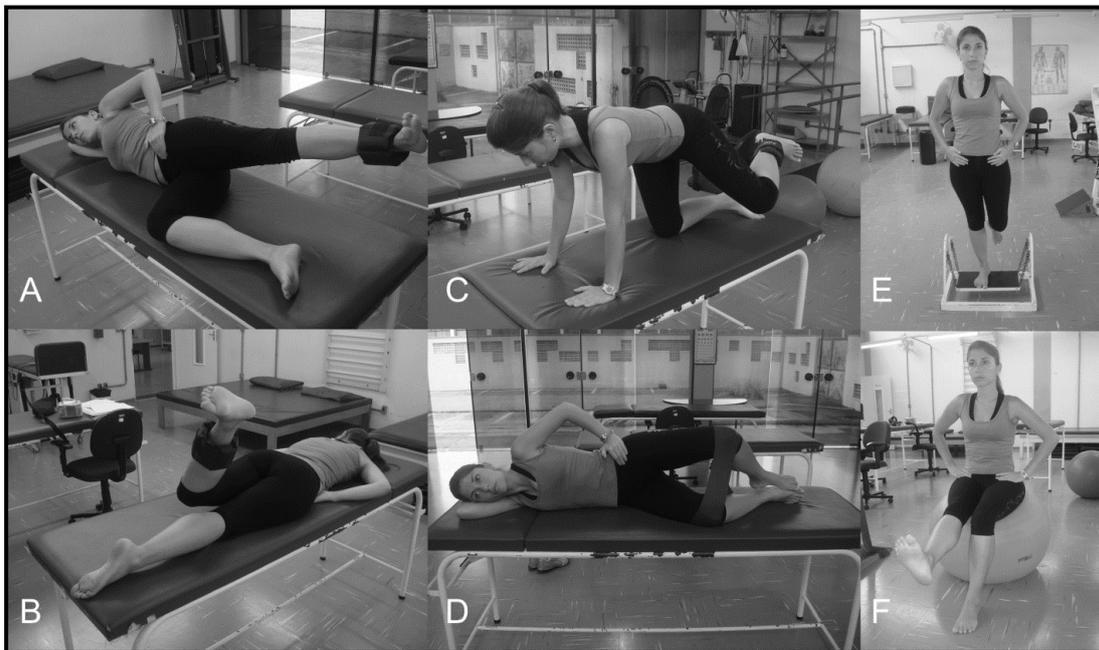
## **2.6. Protocolo de treinamento**

O programa de treinamento iniciou após 5 dias da avaliação isocinética inicial. As participantes do GT realizaram o TEF 3 vezes por semana por aproximadamente 8 semanas, com um intervalo de no mínimo 48 horas entre cada sessão de treinamento. A duração média de cada sessão foi de 80 minutos, e todas as sessões foram supervisionadas por dois fisioterapeutas experientes nesse protocolo, sendo um deles o mesmo que realizou todas as avaliações desse estudo. Para serem incluídas na análise dos dados, as participantes deveriam realizar no mínimo 19 das 24 sessões (80%) de treinamento planejadas.

O TEF foi composto por exercícios utilizados em estudos clínicos prévios (Mascal *et al.*, 2003; Myer *et al.*, 2005; Nakagawa *et al.*, 2008) e o protocolo foi dividido em 3 fases: 1) Exercícios sem descarga de peso corporal; 2) Exercícios com descarga de peso corporal; 3) Treinamento funcional. Em todas as fases e para a maioria dos exercícios, a carga inicial foi determinada através do teste de 1 repetição máxima (1RM). Para a progressão dos exercícios as participantes deveriam realizar os mesmos com manutenção da estabilidade e alinhamento da coluna vertebral, ausência de compensações musculares e dor muscular de início tardio (até 48 horas após o término da sessão de treinamento). Os exercícios foram progredidos por meio do aumento da carga (0,5-2,0 kg para os exercícios com pesos livres e um nível de resistência para os exercícios com banda elástica) ou tempo (5-10 segundo para os exercícios focando os músculos transversos abdominal e multífidos).

Os principais objetivos da primeira fase do TEF (1-2 semanas) foram melhorar o controle motor e a resistência muscular dos músculos localizados na camada profunda do tronco e

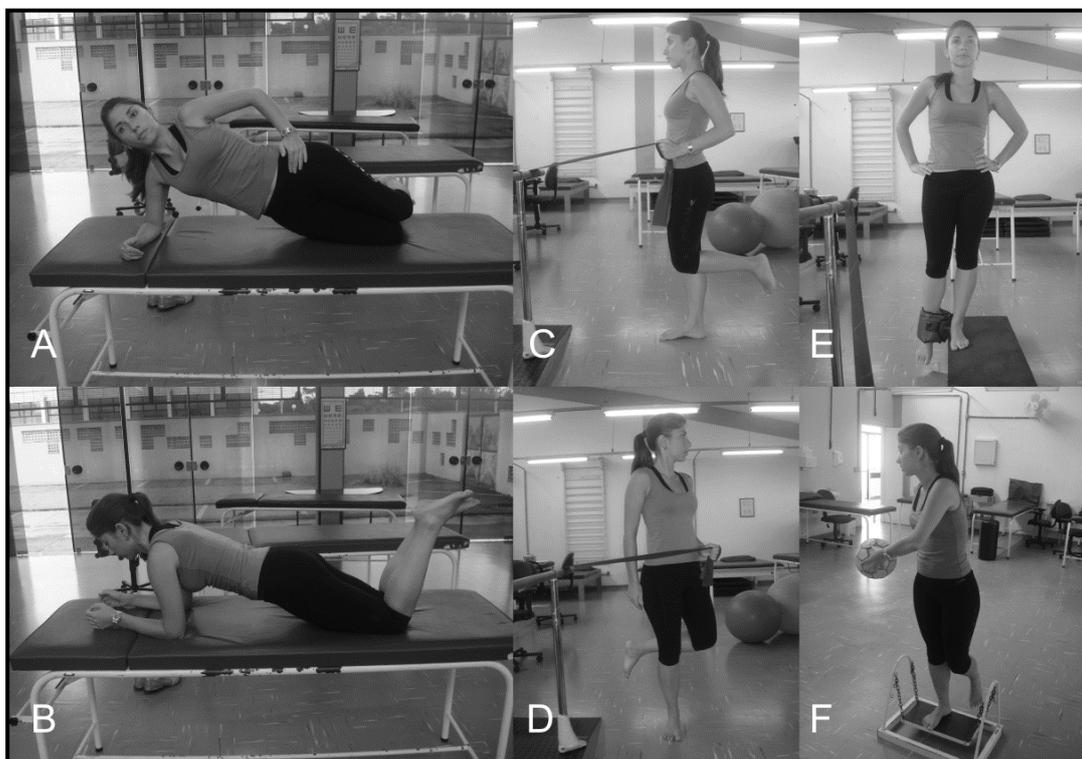
primariamente responsáveis pela estabilização intervertebral, como o transverso abdominal e os multífidos, assim como, dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril. As participantes foram ensinadas, através de comandos verbais e estímulos táteis específicos propostos por Richardson *et al.* (2005), a realizar a co-contracção dos músculos transverso abdominal e multífidos, com o menor recrutamento possível dos músculos globais do tronco (músculos superficiais e de grande comprimento que cruzam múltiplos segmentos vertebrais e atuam principalmente na geração de torque) (Bergmark, 1989). Esses exercícios foram realizados em diferentes posturas (4 apoios, decúbito ventral, sentada e ortostática) utilizando bola suíça e plataformas instáveis. As participantes realizaram duas séries de 15 repetições, com 10 segundos de co-contracção para as posturas em quatro apoios e decúbito ventral, e dez repetições com 10 segundos de contracção isométrica nas posturas sentada e ortostática. Exercícios em cadeia cinética aberta para os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril também foram realizados nessa fase. As participantes foram orientadas sobre a importância de evitar movimentos pélvicos durante a realização desses exercícios através da co-contracção dos músculos profundos do tronco. As participantes realizaram 2 séries de 20 repetições, com 5 segundos de isometria com 90 segundos de repouso entre as séries. A fase isométrica foi realizada para enfatizar a ação coordenada dos músculos estabilizadores lombopélvicos, e a carga inicial para os exercícios com pesos livres foi de 25% de 1RM. Para os exercícios com resistência elástica foram utilizadas as bandas elásticas da marca Thera-Band® (Hygenic Corporation, Akron, OH, USA). Nesse estudo foram usadas apenas 5 cores que apresentam resistência progressiva (vermelho, verde, azul, preto e prata), sendo que a carga inicial dos exercícios foi 2 níveis de resistência inferiores àquele determinado no teste de 1RM. Finalmente, por acreditar que as participantes deveriam ter uma boa função muscular do quadríceps e isquiotibiais para executar de forma apropriada e segura as próximas fases do TEF, exercícios específicos para esses grupos musculares também foram inseridos (cadeira extensora e mesa flexora, respectivamente). As participantes realizaram 2 séries de 20 repetições com 90 segundo de repouso entre as séries, com uma carga inicial de 50% de 1RM (**FIGURA 5**).



**FIGURA 5: Exercícios sem descarga do peso corporal (A-D) e treinamento dos músculos do tronco (E-F) realizados na primeira fase da intervenção. A - Abdução/rotação lateral/extensão do quadril em decúbito lateral. B – Extensão/rotação lateral do quadril com o joelho flexionado em decúbito ventral. C – Rotação lateral/abdução/extensão do quadril em 4 apoios. D – Abdução/rotação lateral do quadril com leve flexão de quadril e joelho em decúbito lateral. E – Apoio unipodal sobre superfície instável com manutenção do alinhamento pélvico e co-contração dos músculos profundos do tronco. F – Postura sentada sobre bola suíça com co-contração dos músculos profundos do tronco.**

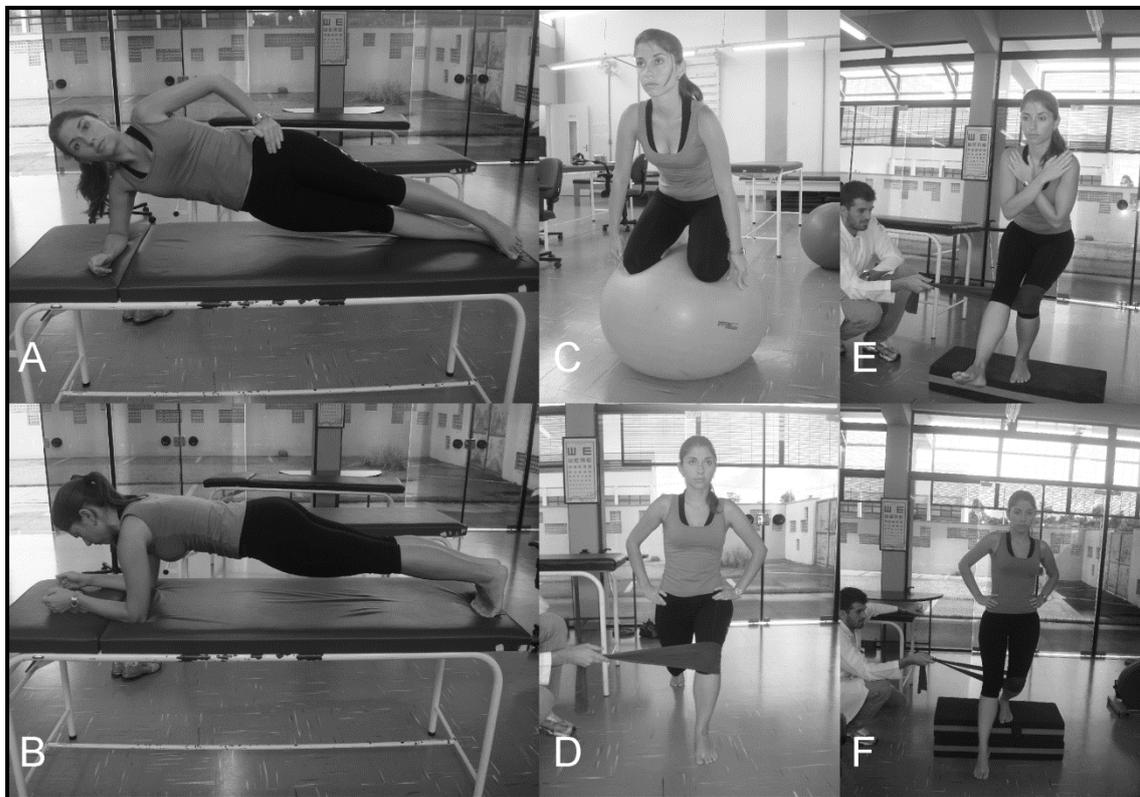
Os principais objetivos da segunda fase (3-5 semanas) do TEF foram estimular a contração conjunta e ordenada dos músculos profundos e superficiais do tronco, aumentar a força dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril, assim como, dos flexores e extensores do joelho. Exercícios de ponte lateral e ventral foram iniciados e os exercícios em bola suíça e em plataforma instável foram progredidos. O exercício em plataforma instável foi realizado com apoio unipodal e com perturbação externa por meio de uma *medicine ball*, enquanto que o exercício em bola suíça foi realizado de forma similar à primeira fase, porém, com um membro inferior apoiado sobre uma plataforma instável. Todos os exercícios em cadeia cinética aberta realizados na primeira fase foram

mantidos com exceção da “abdução/rotação lateral do quadril com os joelhos e quadris flexionados”. Além disso, nessa fase foram introduzidos exercícios em cadeia cinética fechada e todas as participantes foram instruídas sobre o conceito de “alinhamento neutro do membro inferior”. Nesse posicionamento do membro inferior, a espinha íliaca ântero-superior e o centro da patela encontram-se alinhados com o segundo pododáctilo e com o quadril em aproximadamente 10° de rotação lateral. Nessa e na terceira fases, as participantes realizaram três séries de 12 repetições com 2 minutos de repouso entre as séries. A carga inicial para os exercícios com peso livre foi de 70% de 1RM e para os exercícios com banda elástica foi um nível de resistência inferior àquele determinado no teste de 1RM (FIGURA 6).



**FIGURA 6: Exercícios de tronco (A-B) e com descarga do peso corporal (C-F) realizados na segunda fase da intervenção. A – Ponte lateral com apoio nos joelhos. B – Ponte ventral com apoio nos joelhos. C – Extensão do ombro contralateral com apoio unipodal e manutenção do alinhamento pélvico. D – Rotação lateral do quadril em cadeia cinética fechada. E – Elevação pélvica contralateral. F – Apoio unipodal sobre superfície instável com perturbação externa de uma *medicine ball*.**

Finalmente, o principal objetivo da terceira fase (6-8 semanas) foi favorecer o aprendizado motor do alinhamento dinâmico apropriado do membro inferior durante atividades funcionais como o avanço anterior, agachamento unipodal e descida anterior de degrau. Resistência elástica ao redor do joelho do membro inferior de apoio foi aplicada pelo terapeuta durante a realização dessas atividades para favorecer a realização de abdução e rotação lateral do quadril. Ainda, durante os exercícios as participantes receberam constantes *feedbacks* orais (fornecidos pelo terapeuta) e visuais (exercícios executados em frente ao espelho) sobre o alinhamento apropriado do membro inferior. Todos os exercícios em cadeia cinética aberta e fechada realizados na segunda fase foram mantidos e os exercícios para os músculos do tronco foram progredidos (FIGURA 7).



**FIGURA 7: Exercícios de tronco (A-C) e treinamento funcional (D-F) realizados na terceira fase da intervenção. A – Ponte lateral. B – Ponte ventral. C – Postura ajoelhada sobre a bola Suíça. D – Avanço anterior com tração elástica em valgo do joelho. E – Agachamento unipodal com tração elástica em valgo do joelho. F – Descida anterior de degrau com tração elástica em valgo do joelho.**

## 2.7. Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o software Statistica (versão 7,0; StatSoft, Inc., Tulsa, OK). Valores descritivos (média e desvio-padrão) foram primeiramente obtidos para cada variável. Em seguida, os dados foram analisados quanto à distribuição estatística e homogeneidade de variância através dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Testes t de Student para variáveis independentes foram utilizados para verificar diferenças das características demográficas entre os grupos. A excursão de movimento de elevação/depressão pélvica contralateral, adução/abdução do fêmur, rotação medial/lateral do fêmur, adução/abdução do joelho, rotação medial/lateral do joelho e extensão/flexão do joelho; a distância alcançada no STU e tempo gasto no SUC; e o pico de torque excêntrico abdutor do quadril, adutor do quadril, rotador lateral do quadril, rotador medial do quadril, extensor do joelho e flexor do joelho foram considerados variáveis dependentes, enquanto que o tempo e grupo foram tratados como variáveis independentes. O tempo foi considerado uma medida repetida com 2 níveis (avaliação inicial e final) e o grupo foi considerado um fator independente com 2 níveis (GT e GC). Consequentemente, o efeito do treinamento sobre as variáveis dependentes foi determinado através da ANOVA *two-way* (grupo X tempo) com modelo misto para cada variável dependente. Na presença de efeitos de interação significativos, o teste *post hoc* de Tukey foi utilizado para a análise de comparação múltipla, enquanto que os efeitos principais foram investigados na ausência de efeitos de interação. O nível de significância estabelecido para todas as análises foi de 5%.

## 3. RESULTADOS

Todas as 24 participantes completaram o protocolo de intervenção e foram incluídas na análise dos dados (presença em 87% das sessões planejadas no estudo). Não foi observada nenhuma diferença significativa entre os grupos em relação a idade, altura, massa corporal, IMC e tempo de

prática de atividade física realizado por semana ( $P > 0,05$  para todas as comparações) (**TABELA 1**).

### **3.1. Variáveis cinemáticas**

Não foram observados efeitos de interação para as excursões de movimento de extensão/flexão ( $P = 0,81$ ) e rotação medial/lateral ( $P = 0,63$ ) do joelho. Entretanto, interações significativas foram verificadas para as excursões de movimento de adução/abdução do joelho ( $P < 0,001$ ), elevação/depressão pélvica contralateral ( $P = 0,02$ ), adução/abdução ( $P = 0,04$ ) e rotação medial/lateral do fêmur ( $P = 0,03$ ).

A análise de comparação múltipla revelou que a excursão de movimento de abdução do joelho foi significativamente menor no GT após a intervenção quando comparado aos valores de linha de base tanto do GT ( $P < 0,001$ ) quanto do GC ( $P < 0,001$ ), assim como, com os valores do GC após o período de 8 semanas ( $P = 0,002$ ). Além disso, somente o GT apresentou redução da excursão de movimento de depressão pélvica contralateral ( $P = 0,02$ ) e adução do fêmur ( $P = 0,02$ ) após a intervenção. Finalmente, a excursão de movimento de rotação lateral do fêmur foi maior no GT após a intervenção quando comparado aos valores de linha de base tanto do GT ( $P = 0,02$ ) quanto do GC ( $P = 0,001$ ), assim como, dos valores do GC após o período de 8 semanas ( $P = 0,01$ ). Para todas as variáveis cinemáticas não foram observadas diferenças entre os grupos na linha de base ( $P > 0,05$ ) assim como diferenças no GC entre a linha de base e após o período de 8 semanas (**TABELA 2**).

**TABELA 2: Cinemática do joelho, fêmur e pelve durante o agachamento unipodal (Média ± Desvio-padrão).**

	Tempo	Grupo Treinamento	Grupo Controle
Extensão (+)/flexão (-) de joelho	Linha de base	-75,90 ± 5,80	-79,57 ± 5,61
	8 semanas	-76,51 ± 6,73	-79,64 ± 6,11
Rotação medial (+)/lateral (-) do joelho	Linha de base	17,12 ± 4,92	17,92 ± 5,07
	8 semanas	15,53 ± 5,05	17,05 ± 7,70
Adução (+)/abdução (-) do joelho	Linha de base	-6,86 ± 5,20	-8,20 ± 5,86
	8 semanas	1,49 ± 3,56 <sup>b</sup>	-9,36 ± 6,21
Elevação (+)/depressão (-) pélvica	Linha de base	-10,21 ± 3,80	-12,00 ± 5,86
	8 semanas	-7,86 ± 4,51 <sup>a</sup>	-12,22 ± 6,14
Adução (+)/abdução (-) do fêmur	Linha de base	7,08 ± 0,23	5,88 ± 3,93
	8 semanas	5,19 ± 3,38 <sup>a</sup>	5,92 ± 4,92
Rotação medial (+)/lateral (-) do fêmur	Linha de base	-0,55 ± 2,83	2,69 ± 3,93
	8 semanas	-3,67 ± 4,01 <sup>b</sup>	2,93 ± 5,56

<sup>a</sup>Significativamente diferente em relação ao grupo treinamento na linha de base.

<sup>b</sup>Significativamente diferente em relação ao grupo treinamento na linha de base e ao grupo controle na linha de base e após 8 semanas.

### 3.2. Variáveis funcionais

Foram observadas interações significativas para o STU ( $P < 0,001$ ) e para o SUC ( $P = 0,001$ ). Especificamente, a análise de comparação múltipla demonstrou que somente o GT aumentou a distância alcançada no STU ( $P < 0,001$ ) e reduziu o tempo gasto no SUC ( $P < 0,001$ ) após a intervenção, sendo que a melhora funcional em ambos os testes foi de aproximadamente 12% no GT. Para ambos os testes funcionais não foram observadas diferenças entre os grupos na

linha de base ( $P > 0,05$ ) assim como diferenças no GC entre a linha de base e após o período de 8 semanas (**TABELA 3**).

### **3.3. Variáveis isocinéticas**

Não foi observado efeito de interação para o pico de torque excêntrico adutor do quadril ( $P > 0,05$ ), Entretanto, efeitos de interação significativos foram verificados para o pico de torque excêntrico abdutor do quadril ( $P < 0,001$ ), rotador lateral do quadril ( $P = 0,005$ ), rotador medial do quadril ( $P < 0,001$ ), flexor do joelho ( $P < 0,001$ ) e extensor do joelho ( $P < 0,001$ ). A análise de comparação múltipla revelou que o pico de torque excêntrico extensor do joelho foi significativamente maior no GT após a intervenção quando comparado aos valores de linha de base tanto do GT ( $P < 0,001$ ) quanto do GC ( $P = 0,001$ ), assim como, com os valores do GC após o período de 8 semanas ( $P = 0,02$ ). Ainda, foi observado que somente o GT aumentou o pico de torque excêntrico abdutor do quadril ( $P = 0,02$ ), rotador lateral do quadril ( $P < 0,001$ ), rotador medial do quadril ( $P = 0,003$ ) e flexor do joelho ( $P = 0,01$ ) após o período de intervenção. O aumento do pico de torque excêntrico abdutor, rotador lateral e rotador medial do quadril no GT após a intervenção foi de 11%, 21% e 14%, respectivamente, enquanto que o aumento do pico de torque excêntrico flexor e extensor do joelho foi de 8% e 16%, respectivamente. Para todas as variáveis isocinéticas não foram observadas diferenças entre os grupos na linha de base ( $P > 0,05$ ) assim como diferenças no GC entre a linha de base e após o período de 8 semanas, com exceção de uma redução do pico de torque excêntrico flexor do joelho ( $P = 0,04$ ) (**TABELA 3**).

**TABELA 3: Rendimento funcional e torque excêntrico do quadril e joelho (Média ± Desvio-padrão)<sup>a</sup>.**

	Tempo	Grupo Treinamento	Grupo Controle
Salto triplo unipodal	Linha de base	3,52 ± 0,37	3,53 ± 0,51
	8 semanas	3,92 ± 0,43 <sup>b</sup>	3,59 ± 0,58
Salto unipodal de 6 metros cronometrado	Linha de base	2,43 ± 0,27	2,30 ± 0,26
	8 semanas	2,14 ± 0,21 <sup>c</sup>	2,23 ± 0,24
Torque excêntrico abdutor do quadril	Linha de base	1,31 ± 0,16	1,35 ± 0,31
	8 semanas	1,45 ± 0,19 <sup>b</sup>	1,25 ± 0,27
Torque excêntrico adutor do quadril	Linha de base	2,04 ± 0,23	1,96 ± 0,27
	8 semanas	2,06 ± 0,18	1,84 ± 0,24
Torque excêntrico rotador lateral do quadril	Linha de base	0,75 ± 0,09	0,82 ± 0,17
	8 semanas	0,91 ± 0,11 <sup>b</sup>	0,86 ± 0,16
Torque excêntrico rotador medial do quadril	Linha de base	1,45 ± 0,42	1,49 ± 0,20
	8 semanas	1,66 ± 0,28 <sup>b</sup>	1,38 ± 0,18
Torque excêntrico flexor do joelho	Linha de base	1,43 ± 0,15	1,42 ± 0,19
	8 semanas	1,55 ± 0,20 <sup>b</sup>	1,33 ± 0,16 <sup>d</sup>
Torque excêntrico extensor do joelho	Linha de base	3,46 ± 0,47	3,23 ± 0,50
	8 semanas	4,01 ± 0,54 <sup>e</sup>	3,20 ± 0,46

<sup>a</sup>Distância em metros; Tempo em segundos; Torque em N·m·Kg<sup>-1</sup>.

<sup>b</sup>Significativamente maior em relação ao grupo treinamento na linha de base.

<sup>c</sup>Significativamente menor em relação ao grupo treinamento na linha de base.

<sup>d</sup>Significativamente menor em relação ao grupo controle na linha de base.

<sup>e</sup>Significativamente maior em relação ao grupo treinamento na linha de base e ao grupo controle na linha de base e após 8 semanas.

#### 4. DISCUSSÃO

Os efeitos da inclusão de exercícios de fortalecimento dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril em programas de prevenção de lesões do joelho têm sido recentemente estudados por alguns autores (Myer *et al.*, 2008; Snyder *et al.*, 2009). Acredita-se que a fraqueza desses músculos poderia comprometer o controle dos movimentos do joelho nos planos coronal e transversal, favorecendo as rupturas do LCA e o desenvolvimento da SDFP. Assim, os objetivos desse estudo foram determinar os efeitos biomecânicos de um programa de treinamento enfatizando o fortalecimento dos músculos do tronco e quadril associado com a realização de exercícios funcionais sobre a cinemática do membro inferior, rendimento funcional e torque excêntrico do quadril e joelho de mulheres saudáveis. Os resultados desse estudo suportaram a hipótese original de que somente as mulheres que realizaram o TEF demonstraram mudanças na cinemática do joelho (redução da abdução), do fêmur (redução da adução e aumento da rotação lateral) e da pelve (redução da depressão contralateral) durante o agachamento unipodal. Além disso, somente as mulheres que participaram do programa de intervenção tiveram melhora no rendimento funcional e aumento no torque excêntrico do quadril e joelho.

Não foram encontrados na literatura estudos que verificaram o efeito do TEF sobre a ação excêntrica dos músculos do quadril e joelho em mulheres saudáveis. Como esperado, nesse estudo somente as mulheres que realizaram o TEF apresentaram aumento do torque excêntrico abductor e rotador lateral do quadril, assim como, flexor e extensor do joelho após o período de 8 semanas. Outros estudos também verificaram aumento da força dos músculos do quadril e joelho após a realização de um treinamento contra-resistido. Snyder *et al.* (2009) observaram aumento da força isométrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril após 6 semanas de intervenção composta apenas por exercícios em cadeia cinética fechada, enquanto que Herman *et al.* (2008) verificaram aumento da força isométrica dos músculos abdutores e extensores do quadril, assim como, dos flexores e extensores do joelho após 9 semanas de intervenção composta por exercícios

em cadeia cinética aberta. Ainda, em um estudo piloto, Myer *et al.*, (2008) verificaram aumento do torque concêntrico abdutor do quadril após 10 semanas de um treinamento neuromuscular focado nos músculos do tronco e quadril. Os resultados do presente estudo suportam tais evidências e sugerem que um treinamento contra-resistido dos músculos do quadril e tronco associado com a realização de um treinamento funcional por um período de 6-10 semanas é efetivo para promover aumento de força muscular.

Durante a realização de atividades com descarga do peso corporal, os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril auxiliam na manutenção do alinhamento pélvico no plano coronal e atuam excêntrica para controlar os movimentos excessivos de adução e rotação medial do quadril (Dierks *et al.*, 2008), assim como, de abdução do joelho (Jacobs e Mattacola, 2005). Além disso, a co-contração dos músculos flexores e extensores do joelho pode atuar para aumentar a estabilidade do joelho e, conseqüentemente, controlar os movimentos excessivos de abdução (Lloyd e Buchanan, 2001). Dessa forma, foi hipotetizado que o fortalecimento desses músculos poderia melhorar o controle dos movimentos do membro inferior nos planos coronal e transversal durante a realização de atividades funcionais. Os resultados do presente estudo demonstraram que o TEF promoveu mudanças no padrão de movimento do membro inferior como redução da excursão de movimento de abdução do joelho e adução do fêmur, bem como aumento da rotação lateral do fêmur durante o agachamento unipodal. Tais alterações têm sido associadas com reduções da sobrecarga sobre o LCA e a articulação femoropatelar (Powers, 2010). Embora o período de intervenção tenha sido relativamente curto (8 semanas), ele foi suficiente para causar alterações significativas do padrão de movimento do membro inferior que podem contribuir para prevenir rupturas do LCA e o desenvolvimento da SDFP.

Embora tenha sido verificado no presente estudo que o TEF foi efetivo para promover alterações cinemáticas do membro inferior de mulheres saudáveis durante o agachamento unipodal, Herman *et al.* (2008) não observaram nenhum efeito do treinamento de fortalecimento dos músculos do quadril sobre a cinemática e cinética do membro inferior durante atividades de

aterrissagem. Tais autores concluíram que o treinamento contra-resistido isolado dos músculos do quadril não é capaz de promover alterações biomecânicas significativas do membro inferior e, conseqüentemente, seria incapaz de prevenir lesões na articulação do joelho. É possível que a ausência de exercícios funcionais com a utilização de estratégias para a correção do padrão de movimento possa ter contribuído para o insucesso da intervenção do estudo citado acima. O protocolo de intervenção realizado no presente estudo não foi focado somente no ganho de força dos músculos do quadril e joelho, mas sim, enfatizou o treinamento da musculatura do tronco e a aprendizagem do apropriado alinhamento dinâmico do membro inferior durante a realização de diversas atividades funcionais. As participantes foram orientadas sobre o conceito do alinhamento neutro do membro inferior desde a terceira semana de intervenção, sendo o mesmo constantemente monitorado em todos os exercícios com descarga do peso corporal. Recentemente, estudos demonstraram que estratégias de aprendizagem motora baseadas em instrução são capazes de causar alterações cinemáticas do membro inferior, provavelmente devido às mudanças no padrão neuromuscular. Kato *et al.* (2008) verificaram que mulheres apresentaram melhor controle dos movimentos do membro inferior nos planos coronal e transversal durante atividades de aterrissagem após somente 2 semanas de intervenção focada na aprendizagem do alinhamento neutro do membro inferior durante atividades dinâmicas. Além disso, outros efeitos biomecânicos positivos como redução da excursão de movimento de abdução do joelho (Myer *et al.*, 2006b), adução (Myer *et al.*, 2006b) e rotação medial do quadril (Pollard *et al.*, 2006), assim como, aumento da atividade eletromiográfica do músculo glúteo médio (Lephart *et al.*, 2005) foram observadas em mulheres após a realização de treinamentos neuromusculares compostos por exercícios pliométricos e utilização de *feedback* oral e visual sobre o correto alinhamento dinâmico do membro inferior. Dessa forma, embora o aumento de força dos músculos do quadril e joelho observado no presente estudo possa ter sido um importante fator responsável pelas alterações cinemáticas observadas, a presença de alterações neuromusculares não deve ser descartada e deveria ser investigada em estudos futuros.

Outro resultado importante do presente estudo foi o aumento do rendimento funcional durante a realização de testes de salto somente no grupo de mulheres que realizou o TEF. Alguns estudos demonstraram melhora do rendimento funcional após a realização de programas de prevenção focados em exercícios pliométricos (Hewett *et al.*, 1996; Myer *et al.*, 2005). Entretanto, somente um estudo verificou o efeito de um treinamento de estabilização sobre o rendimento funcional de mulheres saudáveis durante atividades de salto. Myer *et al.* (2006a) compararam os efeitos de um treinamento pliométrico com o de estabilização dinâmica durante a realização do teste de salto vertical máximo. Os autores verificaram melhoras similares em ambos os grupos após 7 semanas de intervenção. Bobbert e van Zandwijk (1999) observaram que a ativação dos músculos do quadril afeta significativamente a habilidade dos músculos quadríceps e isquiotibiais em gerar e/ou resistir às forças produzidas durante atividades de salto. Esses autores também demonstraram que um aumento dos momentos internos do quadril, ocorrendo previamente aos momentos gerados nas articulações distais, é a melhor forma de promover uma aceleração do centro de massa em uma ótima direção capaz de maximizar o desempenho do salto. Assim, é possível que o TEF tenha incrementado a capacidade das participantes em promover a força de propulsão do salto devido à melhora da função dos músculos do quadril.

Esse estudo apresentou algumas limitações. Primeiro, as participantes não foram randomizadas nos grupos estudados. Embora esse fato possa ter causado importante viés ao estudo, acreditamos que esse efeito foi minimizado, uma vez que as participantes não foram escolhidas pelos autores e não foram observadas diferenças na linha de base entre os grupos para nenhuma das variáveis estudadas. Segundo, o avaliador principal não estava cego quanto à alocação das participantes, sendo esse também um importante fator potencial de viés do estudo. Entretanto, acreditamos que tal efeito possa não ter afetado os resultados uma vez que todas as avaliações realizadas nesse estudo foram objetivas e o avaliador utilizou o mesmo protocolo e comando verbal na coleta de dados. Terceiro, os grupos não foram avaliados simultaneamente e isso também pode ter causado viés ao estudo devido ao processo de aprendizagem do avaliador. Porém, devido aos

altos valores de ICCs e da grande experiência do avaliador com os testes realizados é pouco provável que esse erro tenha influenciado nos resultados desse estudo. Finalmente, a amostra foi composta apenas por atletas recreacionais do gênero feminino. Estudos futuros deveriam investigar o efeito do TEF em atletas de elite e em pacientes com SDFP.

## **5. CONCLUSÃO**

Os resultados desse estudo fornecem evidência de que o TEF, composto por exercícios de fortalecimento dos músculos do tronco, abdutores e rotadores laterais do quadril, assim como, exercícios funcionais com utilização de estratégias para a aprendizagem do apropriado alinhamento dinâmico do membro inferior é capaz de induzir alterações cinemáticas benéficas, aumentar o rendimento funcional e a força dos músculos do quadril e joelho. Estudos futuros poderiam verificar os efeitos dessa intervenção na prevenção das rupturas do LCA e no desenvolvimento da SDFP.

**Efeito do treinamento de estabilização funcional sobre a dor, função e biomecânica do membro inferior de mulheres com dor femoropatelar: Um ensaio clínico randomizado**

*Artigo publicado no periódico Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*

## RESUMO

**Desenho experimental:** Ensaio clínico randomizado.

**Objetivos:** Comparar os efeitos do treinamento de estabilização funcional (TEF) com o tratamento convencional (TC) sobre a dor, função, cinemática do membro inferior e tronco, resistência muscular do tronco e torque excêntrico do quadril e joelho em mulheres com dor femoropatelar (DFP).

**Histórico:** O tratamento composto pela combinação de exercícios de fortalecimento dos músculos do quadril e joelho parece ser mais benéfico para a redução da dor e aumento da função em pacientes com DFP quando comparado ao tratamento composto apenas pelo fortalecimento do quadríceps. Entretanto, existe limitada evidência sobre a influência desses programas de intervenção sobre a biomecânica do membro inferior.

**Métodos:** Trinta e uma mulheres com DFP foram randomizadas nos grupos TEF ou TC. As pacientes realizaram uma avaliação inicial seguida por uma intervenção de oito semanas de duração, sendo reavaliadas imediatamente ao término desse período e após três meses. A intensidade de dor no joelho foi verificada por meio de uma escala visual analógica de 10cm e a capacidade funcional foi determinada por meio de um questionário (*Lower Extremity Functional Scale*) e pelo teste de salto triplo unipodal. O *Global Rating of Change scale* foi utilizado para mensurar a melhora percebida pelas pacientes. A avaliação cinemática foi realizada durante o agachamento unipodal. Outras variáveis estudadas incluíram a resistência muscular do tronco e o torque excêntrico do quadril e joelho.

**Resultados:** As pacientes do grupo TEF apresentaram menor dor após três meses do término da intervenção, assim como, maior capacidade funcional e percepção global de melhora clínica ao término da intervenção quando comparadas ao grupo TC. Menor excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco, depressão pélvica contralateral, adução do quadril e abdução do joelho, assim como, maior anteversão pélvica e flexão do quadril durante o agachamento unipodal foram somente observados no grupo TEF após a intervenção. Ainda, somente as pacientes do grupo

TEF tiveram maior torque excêntrico abductor do quadril e flexor do joelho, assim como, maior resistência dos músculos anteriores, posteriores e laterais do tronco após a intervenção.

**Conclusão:** Um programa de intervenção composto por exercícios de fortalecimento do quadril e joelho, assim como, exercícios de controle dinâmico dos movimentos do tronco e membro inferior foi mais benéfico para reduzir a dor, melhorar a cinemática, aumentar a capacidade funcional e a força muscular quando comparado a um programa de intervenção enfatizando o fortalecimento isolado do quadríceps.

**Nível de evidência:** Terapia, nível 1b.

**Palavras-chave:** Dor anterior do joelho. Biomecânica. Músculos do quadril. Patela. Treino de estabilização.

## 1. INTRODUÇÃO

A dor femoropatelar (DFP) é uma das disfunções ortopédicas mais comuns da articulação do joelho observadas em atletas (Taunton *et al.*, 2002). Mulheres apresentam maior risco de desenvolverem essa disfunção (Boling *et al.*, 2010) e até 10% de todos os indivíduos jovens que iniciam programas de atividade física serão diagnosticados com DFP (Witvrouw *et al.*, 2000). Embora a DFP tenha sido inicialmente descrita como uma condição que apresenta resolução espontânea dos sintomas, pesquisas recentes verificaram que sujeitos com história prévia dessa disfunção possuem maior risco de desenvolverem osteoartrite femoropatelar (Utting *et al.*, 2005), sugerindo que pacientes com DFP devem ser tratados com o objetivo de prevenir futura degeneração articular.

O tratamento conservador para DFP tem sido tradicionalmente focado nos fatores etiológicos locais à articulação femoropatelar com o objetivo de restaurar o correto posicionamento e excursão da patela no sulco troclear (Bolgia e Boling, 2010). Embora alguns estudos tenham demonstrado que a realização de exercícios de fortalecimento para o quadríceps são efetivos para a redução da intensidade de dor do joelho (Chiu *et al.*, 2012; Herrington e Al-Sherhi, 2007; Witvrouw *et al.*, 2004), uma recente revisão sistemática (Collins *et al.*, 2012) e o último encontro internacional de pesquisa sobre DFP (Powers *et al.*, 2012) concluíram que os tratamentos multimodais, os quais são focados nos fatores etiológicos proximais, locais e distais à articulação femoropatelar deveriam ser os preferidos para o tratamento de pacientes com DFP.

Diversos estudos sugerem que fatores proximais à articulação femoropatelar, como a fraqueza dos músculos periarticulares do quadril e o pobre controle dos movimentos do tronco e do quadril durante a realização de atividades funcionais, podem estar relacionados com o desenvolvimento da DFP (Powers 2003; 2010). Existe forte evidência de que sujeitos com DFP possuem fraqueza dos músculos do quadril quando comparados a indivíduos saudáveis (Prins e van der Wurff, 2009), enquanto alguns estudos também observaram fraqueza dos músculos do tronco

nessa população (Cowan *et al.*, 2009; Willson e Davis, 2009). Ainda, há evidência de que sujeitos com DFP realizam atividade funcionais com maior excursão de movimento de adução (Nakagawa *et al.* 2012a; Willson e Davis, 2008; 2009) e rotação medial (Nakagawa *et al.*, 2012a; Souza *et al.*, 2010) do quadril, assim como, inclinação ipsilateral do tronco (Nakagawa *et al.*, 2012a; 2012b). Essas alterações do padrão de movimento tem sido associadas com a fraqueza dos músculos abdutores, rotadores laterais e extensores do quadril (Baldon *et al.*, 2011; Dierks *et al.*, 2008; Souza e Powers, 2009) e favorecem o aumento da excursão de movimento em valgo do joelho e, conseqüentemente, maior força compressiva no compartimento lateral da articulação femoropatelar. Finalmente, tem sido proposto que sujeitos com DFP possuem uma tendência em realizar atividades com descarga do peso corporal com menor excursão de movimento de flexão do quadril e inclinação anterior do tronco (Powers, 2010), resultando em aumento da demanda do músculo quadríceps e conseqüente aumento do estresse femoropatelar (padrão quadríceps dominante).

Vários estudos investigaram a efetividade de programas de intervenção fisioterapêutica focados nos fatores etiológicos proximais em pacientes com DFP (Earl e Hoch, 2011; Fukuda *et al.*, 2012; 2010; Khayambashi *et al.*, 2012; Nakagawa *et al.*, 2008). Um estudo verificou que o grupo de pacientes tratado com exercícios de fortalecimento dos músculos do quadril apresentou menos dor no joelho e maior capacidade funcional quando comparado ao grupo controle que não realizou nenhuma forma de intervenção (Khayambashi *et al.*, 2012). Outros estudos demonstraram melhores resultados clínicos no grupo de pacientes que realizou uma intervenção combinada, composta tanto por exercícios de fortalecimentos dos músculos do quadril quanto para o quadríceps, quando comparado ao grupo que realizou apenas o fortalecimento do quadríceps de forma isolada (Fukuda *et al.*, 2012; 2010; Nakagawa *et al.*, 2008). Embora a hipótese para a melhora da dor e aumento da função nos pacientes tratados com exercícios de fortalecimentos dos músculos do quadril tem sido relacionada à melhora do controle dinâmico dos movimentos do membro inferior e tronco, assim como, aumento do torque excêntrico do quadril (Fukuda *et al.*, 2012; 2010; Nakagawa *et al.*, 2008), existe apenas limitada evidência na literatura suportando a mesma. Até o momento, a influência dos

exercícios de fortalecimento dos músculos do quadril sobre a cinemática do membro inferior foi avaliado apenas em um estudo de casos (Earl e Hoch, 2011) e em um pequeno ensaio clínico randomizado que investigou os efeitos desses exercícios sobre o torque excêntrico do quadril (Nakagawa *et al.*, 2008).

Embora pacientes com DFP apresentem comprometimento do controle dinâmico dos movimentos do membro inferior e tronco associado com fraqueza dos músculos do quadril e tronco, existe apenas limitada evidência sobre os efeitos biomecânicos de um programa de intervenção focado na melhora desses fatores. Uma análise biomecânica abrangente poderia determinar as variáveis relacionadas com o sucesso dos programas de intervenção compostos por exercícios de fortalecimento dos músculos do quadril. Assim, os objetivos desse estudo foram comparar os efeitos de um tratamento focado no fortalecimento dos músculos do quadril e na melhora do controle dinâmico dos movimentos do membro inferior e tronco, denominado treinamento de estabilização funcional (TEF), com um tratamento focado primariamente no fortalecimento do quadríceps, denominado treinamento convencional (TC) sobre a intensidade de dor no joelho, capacidade funcional, cinemática do membro inferior e tronco, resistência dos músculos do tronco e torque excêntrico do quadril e joelho. Foi hipotetizado que, quando comparado ao grupo TC, o grupo TEF apresentaria uma melhora mais acentuada da dor no joelho a da capacidade funcional, da cinemática do membro inferior e tronco, da resistência dos músculos do tronco e do torque excêntrico do quadril e joelho.

## **2. MÉTODOS**

Esse ensaio clínico randomizado mono-cego foi realizado no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia da Universidade Federal de São Carlos. As pacientes foram recrutadas por meio de cartazes fixados no *campus* da universidade entre Março e Dezembro de 2012. As pacientes elegíveis para participar do estudo realizaram uma avaliação inicial

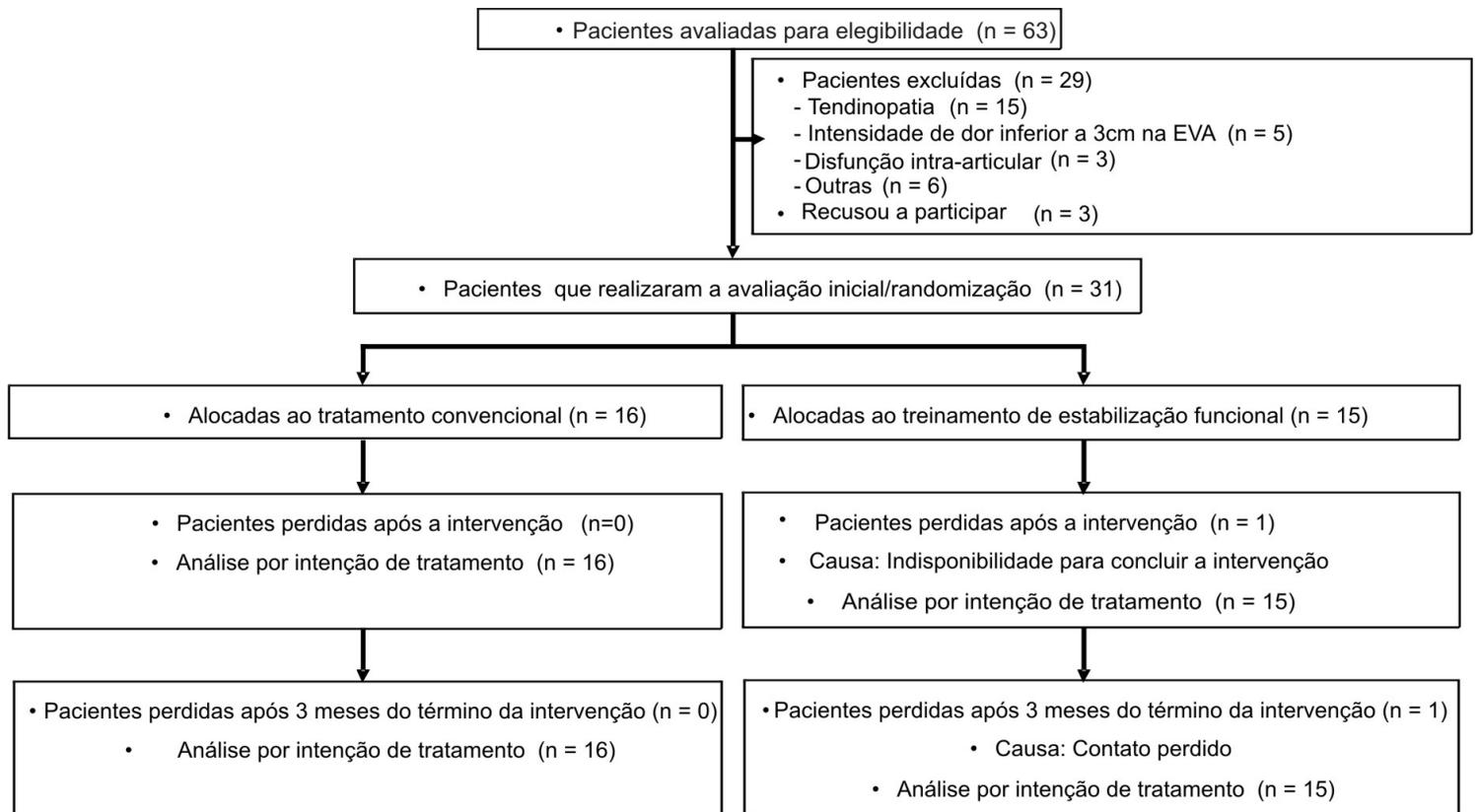
(**APÊNDICE I**), seguida por uma intervenção fisioterapêutica de dois meses, sendo reavaliadas ao término desse período e após três meses do término da intervenção. Todas as pacientes leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado (**ANEXO III**) pelo Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da Universidade Federal de São Carlos (**ANEXO IV**).

## **2.1 Participantes**

Trinta e uma mulheres com DFP, idade entre 18 e 30 e que realizavam esporte de forma recreacional, foram aleatoriamente alocadas no grupo TC ( $n = 16$ ) ou TEF ( $n = 15$ ). (**FIGURA 1**). Uma atleta recreacional foi definida como qualquer paciente que realizava atividades aeróbicas/anaeróbicas e/ou atléticas no mínimo três vezes por semana, com uma duração de 30 minutos. A variável primária desse estudo foi a intensidade de dor no joelho mensurada ao término da intervenção. Foram necessárias trinta pacientes (15 por grupo) para providenciar um poder de teste de 84% e erro do tipo I de 5%, considerando um desvio padrão amostral de 1,8 (baseado em estudos prévios) e habilidade de detectar uma diferença entre grupos de 2 cm na intensidade de dor através da utilização de uma escala visual analógica (EVA) de 10 cm (Nakagawa *et al.*, 2008).

Pacientes foram incluídas nesse estudo se fossem do gênero feminino e com dor anterior no joelho pontuada como 3 cm ou mais na EVA de 10 cm (Cowan *et al.*, 2009; Souza e Powers, 2009) durante um período de no mínimo oito semanas antecedente a avaliação inicial. Critérios de inclusão adicionais foram a presença de dor anterior ou retropatelar durante a realização de no mínimo três das seguintes atividades: subir/descer degraus, agachar, correr, ajoelhar, saltar e permanecer por longos períodos com os joelhos flexionados; e início insidioso dos sintomas de origem atraumática (Nakagawa *et al.*, 2012a). As pacientes foram excluídas do estudo se elas apresentassem doenças intra-articulares; lesões ligamentares; instabilidade patelar; Síndromes de Osgood-Schlatter ou Sinding-Larsen-Johansson; dor difusa no quadril; derrame articular; cirurgia

prévia nos membros inferiores; ou se a palpação do tendão patelar, banda iliotibial e pata de ganso reproduzisse seus sintomas (Cowan *et al.*, 2009; Nakagawa *et al.*, 2012a).



**FIGURA 1: Fluxograma de acordo com as orientações do CONSORT. Abreviação: EVA, Escala Visual Analógica.**

## 2.2 Randomização

O procedimento de randomização das pacientes foi realizado em blocos de quatro por meio da geração de uma lista de números randômicos no computador. Envelopes opacos e numerados de forma consecutiva foram preenchidos e selados com os números gerados previamente ao início do experimento. Uma pessoa sem nenhum conhecimento sobre as pacientes realizou esse procedimento e a alocação das mesmas nos grupos TC e TEF. A randomização foi realizada previamente a avaliação inicial e as pacientes foram cegadas quanto ao grupo alocado. As pacientes de grupos

diferentes realizaram as sessões de tratamento separadamente, não tendo conhecimento sobre os exercícios realizados pelo outro grupo.

### **2.3 Variáveis estudadas**

Na avaliação inicial e ao término do período de intervenção, as pacientes completaram alguns questionários; realizaram um teste funcional, isocinético e de resistência dos músculos do tronco; e uma avaliação cinemática do membro inferior e tronco. Após três meses do término da intervenção, somente os questionários foram completados. Nas pacientes que apresentam dor bilateral, todas as avaliações foram realizadas no lado mais acometido o qual foi definido como aquele apresentando maior intensidade de dor de acordo com a percepção da paciente. Todas as avaliações cinemáticas e isocinéticas foram realizadas pelo primeiro e terceiro autores desse estudo os quais apresentam no mínimo quatro anos de experiência nesses procedimentos. Somente o terceiro autor estava cego quanto à alocação das pacientes nos grupos, uma vez que o primeiro autor foi o responsável por conduzir todas as sessões de tratamento em ambos os grupos. Somente o primeiro autor também foi responsável pela administração dos questionários e pela avaliação funcional e de resistência dos músculos do tronco.

#### **2.3.1 Dor**

A intensidade da dor foi a variável primária desse estudo e foi definida como a pior dor anterior e/ou retropatelar sentida na última semana utilizando uma EVA de 10 cm, com 0 indicando ausência de dor e 10 indicando a pior dor imaginável. Essa escala de dor é confiável, válida e responsiva para avaliar pacientes com DFP (Crossley *et al.*, 2004).

### 2.3.2 Rendimento funcional

O rendimento funcional das pacientes foi avaliado por meio de um questionário e de um teste funcional. A Escala Funcional para os Membros Inferiores (*Lower Extremity Functional Scale - LEFS*) (APÊNDICE II) é um questionário composto por 20 itens que mensuram o grau de dificuldade em realizar diversas atividades funcionais, sendo que a pontuação varia de 0 (extremamente difícil) a 4 pontos (sem dificuldade). A pontuação máxima possível nesse questionário é de 80 pontos e indica ótimo grau de funcionalidade do membro inferior. Essa escala apresenta altos índices de confiabilidade, adequada validade e é responsiva para mudanças funcionais em pacientes com disfunções ortopédicas de membro inferior (Binkley *et al.*, 1999).

O teste funcional utilizado para mensurar o rendimento funcional das pacientes foi o salto triplo unipodal (STU). As pacientes saltavam três vezes de forma consecutiva utilizando o membro inferior acometido com o objetivo de alcançar a máxima distância possível. Durante a execução do teste as pacientes mantinham os membros superiores cruzados atrás do corpo. O processo de familiarização foi composto por uma tentativa submáxima e uma tentativa máxima, com 1 minuto de intervalo entre elas. Após 2 minutos do término da familiarização, as pacientes realizaram duas tentativas máximas validas com um intervalo de 2 minutos entre elas. A tentativa era repetida quando a paciente utilizava os membros superiores como estratégia de propulsão ou se houvesse perda de equilíbrio. Para análise estatística foi utilizada a maior distância alcançada entre as duas tentativas. Um estudo prévio demonstrou que esse teste apresenta excelente confiabilidade, com um coeficiente de correlação intraclassa ( $ICC_{3,1}$ ) e erro padrão da medida (EPM) de 0,92 e 0,15 metros, respectivamente (Baldon *et al.*, 2012).

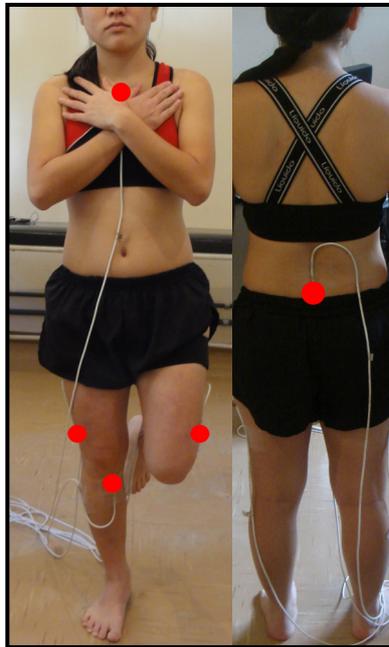
### 2.3.3 Melhora global

A *Global Rating of Change Scale* (GRC) é uma escala composta por 15 itens individuais que mensura a percepção da paciente quanto a sua melhora do estado clínico atual após a realização de um determinado tratamento (Jaeschke *et al.*, 1989). A pontuação dessa escala varia de -7 (extremamente pior) a +7 (extremamente melhor). Para esse estudo, o critério de referência utilizado para se considerar que o tratamento teve sucesso foi +4 (moderadamente melhor) ou maior (Crowell e Wofford, 2012). Os dados referentes ao GRC foram coletados após o período de intervenção e após 3 meses do término da mesma.

### 2.3.4 Cinemática do membro inferior e tronco

A cinemática do membro inferior e do tronco foi avaliada durante o agachamento unipodal utilizando o sistema eletromagnético *Flock of Birds*® (miniBIRD; *Ascension Technology Corporation*, Burlington, VT) integrado ao software *Motion Monitor*<sup>TM</sup> (*Innovative Sports Training Inc*, Chicago, IL). Previamente a avaliação, cinco sensores eletromagnéticos foram fixados sobre a área de menor massa muscular para minimizar o potencial erro gerado pelo movimento do sensor, utilizando fitas adesivas (Transpore; 3M, St Paul, MN). Os sensores foram posicionados sobre o esterno, sacro, face lateral do terço médio das coxas e medialmente à tuberosidade da tíbia (**FIGURA 2**), e os dados cinemáticos foram coletados com uma frequência de amostragem de 90 Hz. Em seguida, os maléolos medial e lateral e os epicôndilos femorais foram digitalizados para determinar os centros articulares do tornozelo e joelho, respectivamente. O centro articular do quadril foi determinado utilizando a abordagem funcional descrita por Leardini *et al.* (1999). Ainda, os espaços interarticulares de C7-T1, T12-L1 e L5-S1 também foram digitalizados e os ângulos do tronco foram determinados pelos sensores do esterno e do sacro. As pacientes foram orientadas a permanecerem em apoio unipodal, com o joelho do membro contralateral mantido em 90° de flexão

e quadril em posição neutra, e com os membros superiores cruzados em frente do tronco. Nessa postura, foi realizada uma coleta de dados estática das pacientes para determinar os ângulos articulares do tronco, pelve, quadril e joelho em repouso.



**FIGURA 2: Posicionamento dos sensores eletromagnéticos utilizado durante a avaliação cinemática.**

As pacientes foram então orientadas a realizarem o agachamento unipodal partindo da postura estática descrita acima até no mínimo 60° de flexão do joelho e, em seguida, retornar a posição inicial. O tempo de execução do teste foi padronizado por meio de um cronômetro digital em  $2\pm 0,3$  segundos. Cada paciente completou três tentativas para familiarização e cinco movimentos válidos foram utilizados para a análise dos dados, com 1 minuto de repouso entre eles. Quando algum dos pré-requisitos do teste não era realizado ou quando ocorria perda evidente do equilíbrio corporal, a tentativa era invalidada e repetida. A média dos valores obtidos das cinco tentativas válidas foi utilizado na análise estatística.

Todos os dados cinemáticos foram filtrados com um filtro de quarta ordem, zero lag, passa-baixa *Butterworth* com frequência de corte de 6 Hz (Nakagawa *et al.*, 2012a). Os ângulos de Euler

foram calculados utilizando o sistema de coordenada articular recomendado pela Sociedade Internacional de Biomecânica (Grood e Suntay, 1983; Wu *et al.*, 2002) por meio do *software Motion Monitor*<sup>TM</sup>. As variáveis cinemáticas estudadas no plano frontal foram a inclinação ipsilateral/contralateral do tronco, elevação/depressão contralateral da pelve, adução/abdução do quadril e adução/abdução do joelho. No plano sagital as variáveis de interesse foram a flexão/extensão do tronco, anteversão/retroversão da pelve e flexão/extensão do quadril. Os movimentos da pelve foram calculados em relação ao sistema de coordena global enquanto que as outras variáveis foram determinadas através dos sistemas de coordenadas locais. Todas as variáveis representam a excursão de movimento articular, calculada pela subtração dos valores obtidos quando o joelho encontrava-se em 60° de flexão durante o agachamento unipodal daquele obtidos durante a postura estática. Um estudo prévio obervou excelente confiabilidade desse protocolo de análise de movimento, com ICC<sub>3,1</sub> variando entre 0,92 e 0,95 e o EPM variando entre 0,07 e 1,83 graus (Nakagawa *et al.*, 2012b). Todos os dados foram processados utilizando o *software Matlab* (Mathworks, Inc., Natick, MA).

### **2.3.5 Resistência dos músculos do tronco**

A resistência dos músculos do tronco foi definida como o tempo que uma paciente conseguisse manter uma postura estática pré-definida. A resistência dos músculos posteriores do tronco foi avaliada com as pacientes mantidas em decúbito ventral, tronco superior mantido paralelamente ao solo, tronco inferior fixado na maca por meio de faixas inelásticas ao nível dos joelhos e quadris, e com os membros superiores cruzados em frente ao tórax. A resistência dos músculos anteriores do tronco foi determinada com as pacientes em decúbito ventral, sustentando o corpo alinhado com apoio somente nos antebraços e pés (ponte ventral). Por fim, a resistência dos músculos laterais do tronco foi verificada com as pacientes em decúbito lateral com o membro inferior acometido localizado próximo a maca, sustentando o corpo em linha reta com apoio

somente em um antebraço e na borda lateral do pé. Os três testes foram conduzidos aleatoriamente. O membro superior utilizado para realizar o suporte do peso corporal foi o do lado inferior acometido, enquanto que o membro superior contralateral foi mantido ao lado do tronco (ponte lateral). Todas as avaliações foram interrompidas quando as pacientes eram incapazes de sustentar a posição inicial do teste. Apenas uma tentativa para cada teste foi realizada, com um intervalo de 2 minutos entre cada teste. A duração em segundos que as pacientes mantinham a posição dos testes foi utilizada na análise estatística. A confiabilidade desses testes é excelente, com ICC<sub>3,1</sub> variando entre 0,95 e 0,99 e EPM variando entre 3,40 e 9,93 segundos (Durall *et al.*, 2012; McGill *et al.*, 1999).

### **2.3.6 Torque isocinético excêntrico do quadril e joelho**

O torque excêntrico do quadril e joelho foi mensurado utilizando um dinamômetro isocinético (*Biodex Multi-Joint System 2; Biodex Medical System Inc*, New York, NY) entre 48 e 96 horas após o término da avaliação da resistência dos músculos do tronco, sendo que a ordem de execução dos testes foi determinada aleatoriamente. Nesse estudo optou-se pela avaliação da ação excêntrica uma vez que a mesma é fundamental para o controle dos movimentos do membro inferior durante atividades com descarga do peso corporal. A avaliação do torque excêntrico adutor/abdutor do quadril foi realizada com as pacientes em decúbito lateral, com o membro inferior avaliado paralelo ao solo e em posição neutra nos três planos de movimento, com o joelho em completa extensão. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado ao centro articular do quadril e a plataforma de resistência do dinamômetro foi posicionada lateralmente à coxa do membro inferior avaliado, 5 cm acima da base da patela. A estabilização do tronco e do membro inferior não-avaliado foi realizada por meio de dois cintos, um proximalmente à crista ilíaca e o outro no pé, respectivamente. A amplitude de movimento do teste foi de 0° até 30° de abdução do quadril (Baldon *et al.*, 2012).

A avaliação do torque excêntrico rotador medial/lateral do quadril foi realizada com as pacientes sentadas, joelhos e quadris fletidos a 90° e com o quadril do membro inferior avaliado em 10° de rotação medial. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado ao centro da patela e a plataforma de resistência posicionada 5 cm acima do maléolo lateral. A estabilização do tronco e do membro inferior avaliado foi realizada por meio de quatro cintos, dois diagonais cruzando o tronco, um pélvico e outro no terço distal da coxa. A amplitude de movimento do teste foi de 10° de rotação medial até 20° de rotação lateral do quadril. A velocidade angular de ambos os testes do quadril foi de 30°/s (Baldon *et al.*, 2012).

A avaliação do torque excêntrico extensor/flexor do joelho foi realizada com as pacientes sentadas, com joelhos e quadris fletidos a 90°. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado ao epicôndilo lateral do fêmur e a plataforma de resistência posicionada 5 cm acima do maléolo lateral. A estabilização das pacientes foi idêntica a da avaliação do torque rotador do quadril. A amplitude de movimento do teste foi de 90° até 20° de flexão do joelho e a velocidade do teste de 60°/s (Baldon *et al.*, 2012).

Previamente a cada avaliação, cinco repetições submáximas e duas repetições máximas foram realizadas para familiarização. Após três minutos de repouso, as pacientes realizaram duas séries de cinco repetições excêntricas recíprocas máximas, com três minutos de repouso entre cada série. Encorajamento verbal foi fornecido para estimular todas as pacientes a produzirem o máximo torque. Para corrigir a influência da gravidade sobre os dados adquiridos, os membros inferiores das mesmas foram pesados em cada teste conforme instruções do manual de operações do dinamômetro. Para análise estatística foi utilizado o valor de pico de torque normalizado pela massa corporal (Nm/kg), o qual poderia estar presente na primeira ou segunda série. Esses testes apresentam excelente índices de confiabilidade, com ICC<sub>3,1</sub> variando entre 0,78 e 0,97 e EPM variando entre 0,07 e 0,16 Nm/kg (Baldon *et al.*, 2012).

## 2.4 Tratamento

O tratamento teve início de 3-5 dias após a avaliação isocinética inicial. As pacientes de ambos os grupos realizaram o protocolo de treinamento três vezes por semana, durante oito semanas, com intervalo mínimo entre as sessões de 24 horas. A duração de cada sessão de treinamento nos grupos TEF e TC variou entre 90-120 e 75-90 minutos, sendo que todas as sessões foram supervisionadas pelo mesmo fisioterapeuta e nenhum tipo de exercício foi orientado para realizado em casa. Durante as primeiras duas semanas de intervenção as pacientes foram orientadas a não realizarem nenhuma atividade física que pudesse causar dor no joelho. Para ambos os grupos, a carga inicial para a maioria dos exercícios de fortalecimento foram baseados no teste de 1 repetição máxima (1 RM), com dor no joelho inferior à 3/10. O teste de 1 RM foi repetido no começo da terceira e sexta semanas de intervenção. A progressão da carga de treinamento ocorreu quando (1) as pacientes conseguiam realizar todas as repetições propostas para um exercício, (2) sem exacerbação da dor do joelho, (3) fadiga excessiva e (4) dor muscular após 48 do término da última sessão de treinamento.

### 2.4.1 Treinamento convencional

O TC foi composto por exercícios de alongamento, assim como, exercícios tradicionais de fortalecimento do músculo quadríceps, tanto em cadeia cinética aberta quanto fechada (Nakagawa *et al.*, 2008; Witvrouw *et al.*, 2004). Uma descrição completa do TC e do volume de treinamento pode ser observada na **FIGURA 3**.

## Treinamento Convencional

### Alongamento do Quadríceps (a) e do retináculo lateral (b)

#### Todas semanas:

- Alongamentos realizados pelo terapeuta
- 3 séries de 30 segundos
- Realizados na máxima amplitude de movimento tolerada pela paciente



### Alongamentos dos Isquiotibiais (a), Sóleo (b), Gastrocnêmios (c) e Trato iliotibial (d)

#### Todas semanas:

- Alongamentos realizados pela paciente
- 3 séries de 30 segundos
- Realizados na máxima amplitude de movimento tolerada pela paciente



### Elevação da perna esticada em supinação

#### Semanas 1-2:

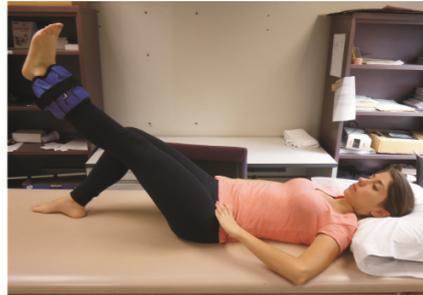
- 2 séries de 20 repetições
- Resistência: Caneleiras
- Carga inicial: 50% de 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 0,5kg

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Carga inicial: 75% de 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 0,5kg

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5



### Extensão do joelho na posição sentada (90-45° de flexão do joelho)

#### Semanas 1-2:

- 2 séries de 20 repetições
- Resistência: Aparelho de musculação
- Carga inicial: 50% de 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 2-5kg

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Carga inicial: 75% de 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 2-5kg

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5



### Leg press (0-45° de flexão do joelho)

#### Semanas 1-2:

- 2 séries de 20 repetições
- Resistência: Aparelho de musculação
- Carga inicial: 50% de 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 5-10kg

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Carga inicial: 75% de 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 5-10kg

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5



### Agachamento na parede (0-60° de flexão do joelho)

#### Semanas 1-2:

- 2 séries de 20 repetições, com 5 segundos de isometria
- Progressão do exercício: Aumento de 2 segundos de isometria

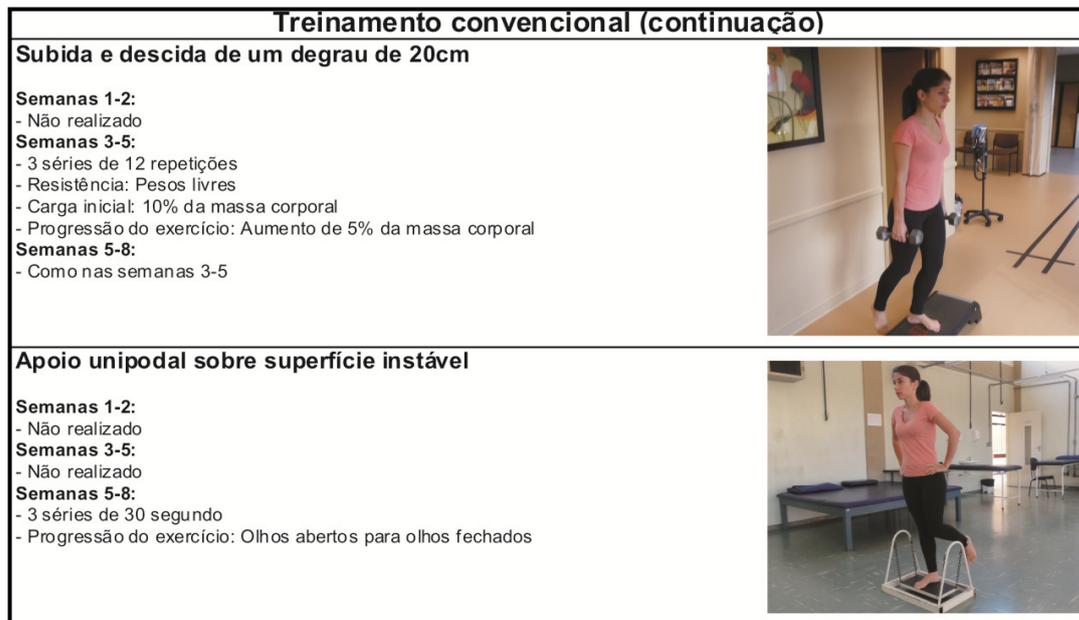
#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições, com 10 segundos de isometria
- Resistência: Pesos livres
- Carga inicial: 10% da massa corporal
- Progressão do exercício: Aumento de 5% da massa corporal

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5





**FIGURA 3: Protocolo de tratamento realizado pelo grupo treinamento convencional.**

#### **2.4.2 Treinamento de estabilização funcional**

O TEF foi similar ao descrito por Baldon *et al.* (2012) com algumas pequenas alterações. Os principais objetivos das duas primeiras semanas de intervenção foram melhorar o controle motor e a resistência dos músculos do tronco e quadril utilizando principalmente exercícios em cadeia cinética aberta. Nas próximas três semanas, o treinamento foi focado no ganho de força dos músculos do quadril e tronco, assim como, melhora do controle motor durante a realização de atividades em cadeia cinética fechada. Nessa fase as pacientes também foram ensinadas de como um pobre controle dos movimentos do quadril e tronco poderia contribuir para o aumento do estresse femoropatelar e, conseqüentemente, a perpetuação de da dor no joelho. Finalmente, nas últimas três semanas de treinamento a dificuldade de alguns exercícios foi aumentada e as pacientes foram constantemente orientadas a realizarem os exercícios funcionais com o membro inferior em posição neutra no plano frontal, assim como, com inclinação anterior do tronco e flexão dos quadris para reduzir a demanda sobre o músculo quadríceps. Uma descrição completa do TEF e do volume de treinamento pode ser observada na **FIGURA 4**.

## Treinamento de estabilização funcional

### Treinamento dos músculos transverso abdominal e multifidos

#### Semanas 1-2:

- Quatro apoios e e decúbito ventral (não ilustrado): 2 séries de 15 repetições, com 10 segundos de co-contração
- Sentado sobre a Bola Suíça: 5 repetições com 20 segundos de co-contração
- Progressão do exercício: Aumento de 5 segundos

#### Semanas 3-5:

- Não realizado

#### Semanas 5-8:

- Não realizado



### Pontes lateral (a) e ventral (b)

#### Semanas 1-2:

- Não realizado

#### Semanas 3-5:

- 5 séries de 30 segundos
- Progressão do exercício: Aumento de 5 segundos
- Exercícios realizados com suporte nos joelhos (não ilustrado)

#### Semanas 5-8:

- 5 séries de 45-60 segundos
- Progressão do exercício: Aumento de 5 segundos
- Exercícios realizados com suporte nos pés



### Extensão de tronco sobre a Bola Suíça

#### Semanas 1-2:

- Não realizado

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Progressão do exercício: Aumento de 2 repetições
- Realizado com os braços cruzados em frente ao tórax (não ilustrado)

#### Semanas 5-8:

- 3 séries de 12 repetições
- Progressão do exercício: Aumento de 2 repetições
- Realizado com as mãos atrás do pescoço



### Abdução/rotação lateral isométrica do quadril em apoio unipodal

#### Semanas 1-2:

- 2 séries de 20 repetições, com 5 segundos de isometria
- Progressão do exercício: Aumento de 2 segundos
- Flexão do quadril e inclinação anterior do tronco foram enfatizadas

#### Semanas 3-5:

- Não realizado

#### Semanas 5-8:

- Não realizado



### Abdução/rotação lateral/extensão do quadril em decúbito lateral

#### Semanas 1-2:

- 2 séries de 20 repetições, com 5 segundos de isometria
- Resistência: Caneleiras
- Carga inicial: 20% of 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 0,5kg

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Carga inicial: 75% of 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 0,5kg

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5



### Extensão/rotação lateral do quadril em decúbito ventral

#### Semanas 1-2:

- 2 séries de 20 repetições, com 5 segundos de isometria
- Resistência: Caneleiras
- Carga inicial: 20% of 1 RM
- Exercício realizado com o joelho em 90° de flexão (não ilustrado)
- Progressão do exercício: Aumento de 0,5kg

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Carga inicial: 75% of 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 0,5kg

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5



## Treinamento de estabilização funcional (continuação)

### Abdução/rotação lateral do quadril em decúbito lateral com os joelhos e quadris em flexão

#### Semanas 1-2:

- 2 séries de 20 repetições, com 5 segundos de isometria
- Resistência: Banda elástica
- Carga inicial: 2 níveis de resistência inferiores da 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 1 nível de resistência elástica

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Carga inicial: 1 nível de resistência inferior da 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 1 nível de resistência elástica

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5



### Inclinação pélvica

#### Semanas 1-2:

- Não realizado

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Resistência: Caneleiras
- Carga inicial: 75% de 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 1-2kg

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5



### Rotação lateral do quadril em cadeia cinética fechada

#### Semanas 1-2:

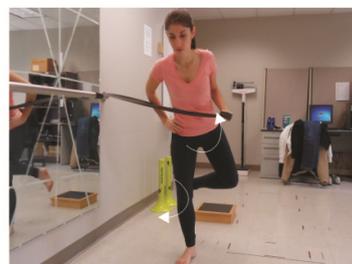
- Não realizado

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Resistência: Banda elástica
- Carga inicial: 1 nível de resistência inferior da 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 1 nível de resistência elástica

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5



### Single-leg deadlift

#### Semanas 1-2:

- Não realizado

#### Semanas 3-5:

- 3 séries de 12 repetições
- Resistência: Banda elástica
- Carga inicial: 1 nível de resistência inferior da 1 RM
- Progressão do exercício: Aumento de 1 nível de resistência elástica

#### Semanas 5-8:

- Como nas semanas 3-5
- Exercício realizado em frente do espelho com resistência elástica no joelho do membro inferior de suporte para incentivar abdução e rotação lateral do quadril



### Agachamento unipodal

#### Semanas 1-2:

- Não realizado

#### Semanas 3-5:

- Não realizado

#### Semanas 5-8:

- 3 séries de 12 repetições
- Sem carga
- Exercício realizado em frente do espelho com resistência elástica no joelho do membro inferior de suporte para incentivar abdução e rotação lateral do quadril
- Flexão do quadril e inclinação anterior do tronco foram enfatizadas



### Avanço anterior

#### Semanas 1-2:

- Não realizado

#### Semanas 3-5:

- Não realizado

#### Semanas 5-8:

- 3 séries de 12 repetições
- Sem carga
- Exercício realizado em frente do espelho com resistência elástica no joelho do membro inferior de suporte para incentivar abdução e rotação lateral do quadril
- Flexão do quadril e inclinação anterior do tronco foram enfatizadas



<b>Treinamento de estabilização funcional (continuação)</b>	
<p><b>Flexão do joelho em decúbito ventral</b></p> <p><b>Semanas 1-2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 séries de 20 repetições</li> <li>- Resistência: Aparelho de musculação</li> <li>- Carga inicial: 50% de 1 RM</li> <li>- Progressão do exercício: Aumento 1-2kg</li> </ul> <p><b>Semanas 3-5:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 séries de 12 repetições</li> <li>- Carga inicial: 75% de 1 RM</li> <li>- Progressão do exercício: Aumento de 1-2kg</li> </ul> <p><b>Semanas 5-8:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Como nas semanas 3-5</li> </ul>	
<p><b>Extensão do joelho (90-45° de flexão do joelho)</b></p> <p><b>Semanas 1-2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 séries de 20 repetições</li> <li>- Resistência: Aparelho de musculação</li> <li>- Carga inicial: 50% de 1 RM</li> <li>- Progressão do exercício: Aumento 2-5kg</li> </ul> <p><b>Semanas 3-5:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 séries de 12 repetições</li> <li>- Carga inicial: 75% de 1 RM</li> <li>- Progressão do exercício: Aumento de 2-5kg</li> </ul> <p><b>Semanas 5-8:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Como nas semanas 3-5</li> </ul>	
<p><b>Apoio unipodal sobre superfície instável</b></p> <p><b>Semanas 1-2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 séries de 30 segundos</li> <li>- Flexão do quadril e inclinação anterior do tronco foram enfatizadas</li> <li>- Co-contração do transverso abdominal e multifídeos</li> </ul> <p><b>Semanas 3-5:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Como nas semanas 1-2</li> <li>- Perturbação externa com uma <i>medicine ball</i> para enfatizar a ação excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril</li> </ul> <p><b>Semanas 5-8:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Como nas semanas 3-5</li> </ul>	

**FIGURA 4: Protocolo de tratamento realizado pelo grupo treinamento de estabilização funcional.**

## 2.5 Análise estatística

A normalidade e homogeneidade das variâncias dos dados foram verificadas com os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. As variáveis que apresentaram distribuição normal foram reportadas como média e desvio padrão enquanto que as variáveis que não apresentaram distribuição normal foram reportadas como mediana e *range*. O efeito da intervenção sobre as variáveis estudadas foi verificado através da ANOVA com medidas repetidas. Para as variáveis relacionadas a dor e rendimento funcional (*LEFS* e *STU*) foi utilizado um modelo 2 X 3, com o

grupo (TEF e TC) sendo considerado um fator independente e o tempo (avaliação inicial, avaliação imediatamente após a intervenção, avaliação após 3 meses do término da intervenção) sendo considerado um fator repetido. Como as variáveis cinemáticas, de resistência muscular do tronco e de força do quadril e joelho foram coletadas somente previamente e imediatamente após a intervenção, o efeito da intervenção sobre essas variáveis foi determinado através de um modelo 2 X 2 (2 grupos e 2 momentos de avaliação). Modelos separados foram utilizados para cada variável estudada. Quando uma interação significativa Grupo X Tempo era verificada, comparações múltiplas foram realizadas utilizando testes *t* para variáveis dependentes para determinar mudanças nos grupos TEF e TC após a intervenção, assim como, testes *t* para variáveis independentes para verificar diferenças entre os grupos após a intervenção. Na ausência de um efeito de interação significativo, os efeitos principais de Grupo e Tempo foram reportados. O teste Qui quadrado foi realizado para comparar a porcentagem de pacientes que apresentaram percepção subjetiva de melhora moderada da condição clínica após a intervenção. Uma análise de intenção de tratamento foi realizada utilizando o método de imputação múltipla para estimar os valores referentes aos dados perdidos (Schafer e Graham, 2002), assim como, uma análise utilizando somente as pacientes que completaram todo o processo de aquisição dos dados (análise *per protocol*). A análise estatística foi realizada utilizando o *software* SPSS, versão 21 (SPSS Inc, Chicago, IL). O nível de significância estabelecido para todas as análises foi de 5%.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Características demográficas**

A **TABELA 1** apresenta as características demográficas de ambos os grupos. Duas pacientes do grupo TEF não concluíram o experimento (uma paciente abandonou a intervenção e outra não foi possível a realizar o contato após três meses do término da intervenção).

Conseqüentemente, 30 pacientes realizaram a avaliação imediatamente após o período da intervenção e 29 pacientes realizaram a avaliação após três meses do término da intervenção. Os resultados da análise *per protocol* (dados não mostrados) foram consistentes com a análise por intenção de tratamento.

**TABELA 1. Características demográficas das pacientes\*.**

	<b>Estabilização Funcional (n=15)</b>	<b>Convencional (n=16)</b>
Idade (anos)	22,73 ± 3,19	21,31 ± 2,65
Altura (m)	1,66 ± 0,07	1,62 ± 0,06
Massa corporal (kg)	57,08 ± 8,18	58,31 ± 7,29
Índice de massa corporal (Kg/m <sup>2</sup> )	20,65 ± 2,04	22,27 ± 2,52
Duração dos sintomas (meses)	60 (3 – 156)	27 (3 – 180)

\*Dados estão demonstrados como média +/- DP, com exceção da duração dos sintomas que está reportado como mediana (*range*).

### 3.2 Dor, desempenho funcional e melhora global

Houve uma interação Grupo X Tempo significativa para dor ( $F_{2,58} = 3,38$ ;  $p = 0,04$ ). A análise de comparação múltipla demonstrou uma redução da intensidade da dor em ambos os grupos imediatamente após o período de intervenção ( $p < 0,001$ ) e após três meses do término da intervenção ( $p < 0,001$ ). Ainda, o grupo TEF apresentou menor dor comparado ao grupo TC após três meses do término da intervenção ( $p = 0,04$ ) e uma tendência imediatamente após o período de intervenção ( $p = 0,06$ ) (TABELA 2).

Embora tenha sido observada apenas uma tendência para uma interação Grupo X Tempo para a pontuação do *LEFS* ( $F_{2,58} = 2,70$ ;  $p = 0,07$ ), houve um efeito principal significativo de tempo ( $F_{2,58} = 68,60$ ,  $p < 0,001$ ), com as pacientes, independente do grupo, apresentando maior pontuação no *LEFS* imediatamente após a intervenção (diferença média, 15,8 pontos; intervalo de confiança [IC] de 95%: 11,7 – 19,7) e após três meses do término da intervenção (diferença média, 16 pontos; IC de 95%: 12,4 – 19,6) quando comparado a avaliação inicial. Ainda, houve uma interação Grupo

X Tempo significativa para o teste de STU ( $F_{1,29} = 10, p < 0,001$ ). Foi verificado que somente o grupo TEF apresentou maiores valores nesse teste funcional ao término da intervenção comparado a avaliação inicial ( $p < 0,001$ ). Similarmente, o grupo TEF apresentou maiores valores no STU após a intervenção comparado ao grupo TC ( $p = 0,04$ ) (TABELA 2).

Finalmente, baseado no *GRC Scale*, o grupo TEF apresentou uma taxa de sucesso de tratamento 25% superior à do grupo TC imediatamente após a intervenção ( $p = 0,04$ ) e 23% após três meses do término da intervenção ( $p = 0,12$ ) (TABELA 2).

### 3.3 Cinemática do membro inferior e tronco

Foram observadas interações Grupo X Tempo significativas para a excursão de movimento de inclinação ipsilateral/contralateral do tronco ( $F_{1,29} = 6,58; p = 0,02$ ), elevação/depressão contralateral da pelve ( $F_{1,29} = 7,15; p = 0,01$ ), anteversão/retroversão da pelve ( $F_{1,29} = 11,84; p = 0,002$ ), adução/abdução do quadril ( $F_{1,29} = 39,56; p < 0,001$ ), flexão/extensão do quadril ( $F_{1,29} = 10,96; p = 0,002$ ) e adução/abdução do joelho ( $F_{1,29} = 5,18; p = 0,03$ ). A análise de comparação múltipla revelou que somente o grupo TEF diminuiu a excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco ( $p = 0,004$ ), depressão contralateral da pelve ( $p = 0,005$ ), adução do quadril ( $p < 0,001$ ) e abdução do joelho ( $p = 0,004$ ) após a intervenção quando comparado a avaliação inicial. Além disso, somente o grupo TEF aumentou a excursão de movimento de anteversão da pelve ( $p = 0,01$ ) e flexão do quadril ( $p = 0,007$ ) após a intervenção quando comparado a avaliação inicial. Por fim, o grupo TEF também apresentou maior excursão de movimento de anteversão da pelve ( $p < 0,001$ ) e flexão do quadril ( $p < 0,001$ ) quando comparado ao grupo TC após a intervenção (TABELA 3).

**TABELA 2. Efeito do treinamento sobre a dor, rendimento funcional e melhora global utilizando análise por intenção de tratamento.**

	Linha de base	Término da intervenção	3 meses após o término da intervenção	Diferença intra-grupo ao término da intervenção <sup>‡</sup>	Diferença intra-grupo 3 meses após o término da intervenção <sup>‡</sup>	Diferença entre os grupos ao término da intervenção	Diferença entre os grupos após 3 meses do término da intervenção
						Grupos TEF - TC <sup>§</sup>	Grupos TEF - TC <sup>§</sup>
<b>Pior dor na última semana</b>							
Convencional	6,12 ± 1,81	3,08 ± 3,24*	2,50 ± 2,68*†	-3,04 ± 2,37 (-1,77; -4,30)	-3,61 ± 3,31 (-1,85; -5,38)	-2,21 (-3,70; -0,72)	-2,11 (-4,21; -0,01)
Estabilização	6,61 ± 1,07	1,36 ± 1,43*	0,87 ± 1,50*	-5,25 ± 1,58 (-4,37; -6,12)	-5,73 ± 2,27 (-4,48; -6,70)		
<i>Lower extremity functional scale (0-80)</i>							
Convencional	57,62 ± 7,21	70,56 ± 7,97	70,37 ± 8,38	12,93 ± 7,55 (8,91; 16,96)	12,75 ± 6,17 (9,46; 16,04)	5,92 (-1,59; 13,45)	6,72 (-0,20; 13,64)
Estabilização	55,40 ± 12,83	74,27 ± 4,64	74,87 ± 3,94	18,87 ± 12,47 (11,96; 25,77)	19,47 ± 11,95 (12,85; 26,08)		
<b>Salto triplo unipodal (cm)</b>							
Convencional	325,06 ± 82,37	330,08 ± 72,54 <sup>†</sup>	--	5,02 ± 31,30 (-11,65; 21,70)	--	33,86 (11,96; 55,75)	--
Estabilização	336,40 ± 34,85	375,28 ± 48,28*	--	38,88 ± 28,08 (23,33; 54,43)	--		
<b>Porcentagem de pacientes que tiveram no mínimo melhora global moderada<sup>¶</sup></b>							
Convencional	--	75% (12/16) <sup>†</sup>	69% (11/16)	--	--		
Estabilização	--	100% (14/14)	92% (12/13)	--	--	25%	23%

Abreviações: TEF, Treinamento de Estabilização Funcional; TC, Treinamento Convencional.

\*Diferença significativa comparado a linha de base ( $p < 0,05$ ).

†Diferença significativa entre os grupos nesse momento ( $p < 0,05$ ).

‡Dados estão representados como média ± DP (Intervalo de Confiança de 95%).

§Dados estão representados como média (Intervalo de Confiança de 95%).

¶Dados expressos como a razão das pacientes que responderam no mínimo +4 no *global rating of change scale* pelo número total de pacientes do grupo.

**TABELA 3. Efeito do treinamento sobre a cinemática do membro inferior e tronco durante o agachamento unipodal<sup>||</sup>.**

	Linha de base	Término da intervenção	Diferença intra-grupo <sup>‡</sup>	Diferença entre os grupos Grupos TEF – TC <sup>§</sup>
<b>Plano Sagital</b>				
Extensão (+)/flexão (-) do tronco				
Convencional	-2,98 ± 6,74	-3,72 ± 5,48	-0,73 ± 3,29 (-2,49; 1,02)	-2,54 (-6,08; 0,99)
Estabilização	-0,88 ± 7,81	-4,15 ± 9,44	-3,27 ± 6,03 (-6,61; 0,06)	
Anteversão (+)/retroversão (-) da pelve				
Convencional	13,07 ± 6,55	11,19 ± 8,31 <sup>†</sup>	-1,88 ± 4,76 (-4,42; 0,65)	10,28 (4,16; 16,35)
Estabilização	16,38 ± 8,87	24,75 ± 9,34 <sup>*</sup>	8,37 ± 10,87 (2,35; 14,39)	
Flexão (+)/extensão (-) do quadril				
Convencional	46,89 ± 9,29	45,45 ± 12,32 <sup>†</sup>	-1,43 ± 7,30 (-5,32; 2,45)	16,43 (6,28; 26,58)
Estabilização	52,47 ± 14,61	67,47 ± 14,00 <sup>*</sup>	15,00 ± 18,38 (4,81; 25,18)	
<b>Plano Frontal</b>				
Inclinação Ipsilateral (+)/contralateral (-) do tronco				
Convencional	7,33 ± 3,44	7,48 ± 4,21	0,14 ± 3,35 (-1,64; 1,93)	-3,10 (-0,62; -5,59)
Estabilização	9,74 ± 4,13	6,78 ± 2,56 <sup>*</sup>	-2,96 ± 3,39 (-1,08; -4,84)	
Elevação (+)/depressão (-) da pelve				
Convencional	-7,35 ± 3,31 <sup>†</sup>	-7,17 ± 2,99	0,18 ± 3,05 (-1,44; 1,81)	3,66 (0,86; 6,45)
Estabilização	-11,10 ± 4,39	-7,26 ± 4,39 <sup>*</sup>	3,84 ± 4,47 (1,36 ± 6,31)	
Adução(+)/abdução (-) do quadril				
Convencional	17,13 ± 4,30 <sup>†</sup>	15,45 ± 4,56	-1,68 ± 3,72 (-3,66; 0,30)	-9,57 (-12,69; -6,45)
Estabilização	23,53 ± 6,19	12,28 ± 6,95 <sup>*</sup>	-11,25 ± 4,74 (-8,62; -13,88)	
Adução (+)/abdução (-) do joelho				
Convencional	-11,04 ± 7,25	-10,93 ± 7,45	0,11 ± 4,18 (-2,11; 2,34)	3,26 (0,33; 6,17)
Estabilização	-12,33 ± 5,24	-8,97 ± 6,31 <sup>*</sup>	3,36 ± 3,73 (1,29; 5,43)	

Abreviações: TEF, Treinamento de Estabilização Funcional; TC, Treinamento Convencional.

\*Diferença significativa comparado a linha de base ( $p < 0,05$ ).

<sup>†</sup>Diferença significativa entre os grupos nesse momento ( $p < 0,05$ ).

<sup>\*</sup>Dados estão representados como média ± DP (Intervalo de Confiança de 95%).

<sup>§</sup>Dados estão representados como média (Intervalo de Confiança de 95%).

<sup>||</sup>Os valores representam as excursões de movimento que foram calculadas pela subtração dos valores com o joelho em 60° de flexão daqueles obtidos na postura estática.

### 3.4 Resistência dos músculos do tronco e torque excêntrico do quadril e joelho

Foi observada uma interação Grupo X Tempo significativa para a resistência dos músculos posteriores ( $F_{1,29} = 19,41$ ;  $p < 0,001$ ), anteriores ( $F_{1,29} = 33,71$ ;  $p < 0,001$ ) e laterais ( $F_{1,29} = 50,76$ ;  $p < 0,001$ ) do tronco. A análise de comparação múltipla revelou que somente o grupo TEF aumentou a resistência de todos os músculos do tronco avaliados ( $p < 0,001$ ) após a intervenção. Ainda, o grupo TEF apresentou maior resistência de todos os músculos do tronco avaliados comparado ao grupo TC após a intervenção ( $p < 0,001$ ) (TABELA 4).

Foram observadas interações Grupo X Tempo significativas para o torque excêntrico abdutor do quadril ( $F_{1,29} = 9,84$ ;  $p = 0,004$ ) e flexor do joelho ( $F_{1,29} = 6,03$ ;  $p = 0,02$ ). Embora não tenha sido significativo, houve também uma tendência de interação Grupo X Tempo para o torque excêntrico rotador medial do quadril ( $F_{1,29} = 3,34$ ;  $p = 0,07$ ). Foi observado que somente o grupo TEF aumentou o torque excêntrico abdutor de quadril ( $p = 0,001$ ) e flexor do joelho ( $p = 0,004$ ) após a intervenção, assim como, que o grupo TEF apresentou maior torque excêntrico abdutor do quadril ( $p = 0,01$ ) e flexor do joelho ( $p = 0,03$ ) comparado ao grupo TC após a intervenção (TABELA 4).

Efeitos principais de tempo foram verificados para o torque excêntrico adutor do quadril ( $F_{1,29} = 4,49$ ;  $p = 0,04$ ), rotador lateral do quadril ( $F_{1,29} = 10,94$ ;  $p = 0,003$ ) e extensor do joelho ( $F_{1,29} = 36,90$ ;  $p < 0,001$ ). Independente do grupo, as pacientes apresentaram maior torque excêntrico adutor do quadril (diferença média, 0,06 Nm/kg; IC de 95%: 0,01 – 0,12), rotador lateral do quadril (diferença média, 0,06 Nm/kg; IC de 95%: 0,02 – 0,10) e extensor do joelho (diferença média, 0,46 Nm/kg; IC de 95%: 0,30 – 0,61) após a intervenção quando comparado a avaliação inicial.

**TABELA 4. Efeito do treinamento sobre a resistência dos músculos do tronco e no torque excêntrico do quadril e joelho.**

	Linha de base	Término da intervenção	Diferença intra-grupo <sup>‡</sup>	Diferença entre os grupos Grupos TEF – TC <sup>§</sup>
Músculos anteriores do tronco (sec)				
Convencional	61,07 ± 42,52	54,86 ± 28,70 <sup>†</sup>	-6,20 ± 25,03 (-19,54; 7,14)	54,13 (35,06; 73,20)
Estabilização	67,51 ± 24,59	115,44 ± 35,88 <sup>*</sup>	47,93 ± 26,88 (33,04; 62,81)	
Músculos laterais do tronco (sec)				
Convencional	32,39 ± 21,60	35,57 ± 24,79 <sup>†</sup>	3,18 ± 7,27 (-0,69; 7,06)	29,93 (21,34; 38,52)
Estabilização	40,33 ± 15,48	73,44 ± 14,10 <sup>*</sup>	33,11 ± 15,04 (24,78; 41,44)	
Músculos posteriores do tronco (sec)				
Convencional	86,57 ± 43,81	83,51 ± 36,81 <sup>†</sup>	-3,06 ± 24,97 (-16,37; 10,24)	48,47 (25,97; 70,97)
Estabilização	114,37 ± 26,57	159,78 ± 30,24 <sup>*</sup>	45,41 ± 35,68 (25,65; 65,18)	
Torque excêntrico abductor do quadril (Nm/kg)				
Convencional	1,22 ± 0,31	1,26 ± 0,30 <sup>†</sup>	0,04 ± 0,11 (-0,02; 0,09)	0,19 (0,07; 0,32)
Estabilização	1,29 ± 0,19	1,52 ± 0,24 <sup>*</sup>	0,23 ± 0,22 (0,11; 0,35)	
Torque excêntrico adutor do quadril (Nm/kg)				
Convencional	1,78 ± 0,30	1,84 ± 0,35	0,06 ± 0,18 (-0,04; 0,15)	0,01 (-0,11; 0,13)
Estabilização	1,83 ± 0,21	1,90 ± 0,17	0,07 ± 0,15 (-0,01; 0,15)	
Torque excêntrico rotador lateral do quadril (Nm/kg)				
Convencional	0,74 ± 0,15	0,80 ± 0,14	0,06 ± 0,11 (0,00; 0,12)	0,00 (-0,08; 0,08)
Estabilização	0,76 ± 0,13	0,83 ± 0,12	0,06 ± 0,10 (0,00; 0,12)	
Torque excêntrico rotador medial do quadril (Nm/kg)				
Convencional	1,31 ± 0,35	1,31 ± 0,32	0,00 ± 0,21 (-0,11; 0,11)	0,13 (-0,01; 0,27)
Estabilização	1,37 ± 0,25	1,51 ± 0,22	0,13 ± 0,18 (0,03; 0,23)	
Torque excêntrico flexor do joelho (Nm/kg)				
Convencional	1,28 ± 0,21	1,30 ± 0,24 <sup>†</sup>	0,01 ± 0,10 (-0,04; 0,07)	0,11 (0,02; 0,20)
Estabilização	1,34 ± 0,22	1,46 ± 0,15 <sup>*</sup>	0,12 ± 0,14 (0,04; 0,20)	
Torque excêntrico extensor do joelho (Nm/kg)				
Convencional	2,79 ± 0,67	3,15 ± 0,62	0,36 ± 0,38 (0,16; 0,56)	0,19 (-0,12; 0,50)
Estabilização	2,88 ± 0,44	3,44 ± 0,37	0,56 ± 0,46 (0,30; 0,81)	

Abreviações: TEF, Treinamento de Estabilização Funcional; TC, Treinamento Convencional.

\*Diferença significativa comparado a linha de base ( $p < 0,05$ ).

†Diferença significativa entre os grupos nesse momento ( $p < 0,05$ ).

‡Dados estão representados como média ± DP (Intervalo de Confiança de 95%).

§Dados estão representados como média (Intervalo de Confiança de 95%).

#### 4. DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que as pacientes com DFP que participaram do programa de treinamento composto por exercícios de fortalecimento dos músculos do quadril e controle de movimento do membro inferior e tronco apresentaram melhoras mais acentuadas da dor, rendimento funcional, cinemática do membro inferior e tronco, resistência dos músculos do tronco e torque excêntrico do quadril e joelho quando comparadas as pacientes que realizaram o treinamento focado primariamente no fortalecimento do músculo quadríceps. De modo geral, esses achados corroboram com a literatura atual de que um tratamento abrangente para pacientes com DFP, focado tanto nos fatores etiológicos proximais quanto locais, é mais efetivo quando comparado aos programas de tratamento direcionados somente aos músculos periarticulares do joelho (Fukuda *et al.*, 2012; 2010; Nakagawa *et al.*, 2008).

Ambos os grupos apresentaram melhoras estatisticamente e clinicamente significativas da dor após o período de intervenção, uma vez que a melhora média em cada grupo foi superior a mínima diferença clinicamente importante (MDCI) de 2cm da EVA (Crossley *et al.*, 2004). Entretanto, deve ser ressaltado que somente o grupo TEF apresentou o limite inferior do IC de 95% da diferença intra-grupo superior a 2cm nos dois momentos de avaliação após o término da intervenção. Ainda, o grupo TEF demonstrou menor intensidade de dor após três meses do término da intervenção e maior taxa de sucesso de tratamento imediatamente após a intervenção quando comparado ao grupo TC. Embora não tenha sido observada diferença significativa entre grupos para dor imediatamente após a intervenção, a diferença média entre os grupos foi superior ao MDCI e o limite inferior do IC de 95% não cruzou o 0, favorecendo dessa forma o grupo TEF nos dois momentos de avaliação após a intervenção. Entretanto, como o IC de 95% inclui valores que são menores ao MDCI, é possível que a diferença entre os grupos não seja clinicamente significativa.

Os grupos TEF e TC também apresentaram melhoras estatisticamente e clinicamente significativas do rendimento funcional após o período de intervenção, uma vez que a melhora média

da função em cada grupo foi superior ao MDCI de 9 pontos do *LEFS* (Binkley *et al.*, 1999). Entretanto, foi verificada apenas uma tendência para interação Grupo X Tempo para essa variável, sendo observada uma pequena diferença entre os grupos a favor do grupo TEF nos dois momentos de avaliação após a intervenção. Em relação ao STU, somente o grupo TEF exibiu aumento do rendimento funcional após a intervenção, além de apresentar maior desempenho quando comparado ao grupo TC após a intervenção. É possível que a discrepância dos resultados obtidos no *LEFS* e no STU seja o resultado de uma incapacidade do *LEFS* em acessar somente as atividades funcionais que realmente estão limitadas em pacientes com DFP. Diversas atividades listadas no *LEFS* como caminhar, calçar o tênis, realizar atividades leves em casa, ficar em pé e rolar na cama não são geralmente limitadas em pacientes com DFP.

Esse estudo forneceu evidência inédita de que as melhoras clínicas mais acentuadas no grupo TEF foram acompanhadas de mudanças biomecânicas do membro inferior e tronco nos planos frontal e sagital. Em relação ao plano frontal, somente as pacientes do grupo TEF apresentaram redução da excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco, depressão contralateral da pelve, adução do quadril e abdução do joelho durante o agachamento unipodal após a intervenção. Além disso, tais resultados cinemáticos foram acompanhados, somente no grupo TEF, por aumento do torque excêntrico abductor do quadril e resistência dos músculos laterais do tronco. Tais resultados são clinicamente significativos uma vez que pacientes com DFP apresentam excessiva inclinação ipsilateral do tronco (Nakagawa *et al.*, 2012a; 2012b), depressão contralateral da pelve (Nakagawa *et al.*, 2012a; 2012b), adução do quadril (Nakagawa *et al.*, 2012a; 2012b; Willson e Davis, 2008; Willson e Davis, 2009) e abdução do joelho (Nakagawa *et al.*, 2012a; 2012b), quando comparadas com sujeitos saudáveis. Acredita-se que esse padrão de movimento aumente o ângulo Q e, conseqüentemente, o estresse no compartimento femoropatelar lateral (Huberti e Hayes, 1984). Diversos estudos também demonstraram fraqueza dos músculos abdutores do quadril (Baldon *et al.*, 2009; Boling *et al.*, 2009a; Ireland *et al.*, 2003; Willson e Davis, 2009) e dos músculos laterais do tronco (Cowan *et al.*, 2009; Willson e Davis, 2009) em pacientes com

DFP. Tem sido sugerido que a fraqueza desses grupos musculares possa favorecer alterações do controle de movimento do membro inferior e tronco no plano frontal, que são frequentemente observadas em pacientes com DFP (Dierks *et al.*, 2009; Nakagawa *et al.*, 2012b; Willson e Davis, 2009). Dessa forma, o aumento do torque excêntrico abdutor do quadril e da resistência dos músculos laterais do tronco observado somente no grupo TEF após a intervenção, pode ter contribuído para a melhora do controle de movimento do membro inferior no plano frontal e, conseqüentemente, para a redução do estresse femoropatelar e da dor.

No plano sagital foi observado que somente as pacientes do grupo TEF aumentaram a excursão de movimento de anteversão da pelve e flexão do quadril após a intervenção, sendo que tais alterações cinemáticas foram acompanhadas por aumento do torque excêntrico flexor do joelho e resistência dos músculos posteriores do tronco. Powers (2010) sugeriu que um subgrupo de pacientes com DFP realiza atividades funcionais com redução da amplitude de movimento de flexão do quadril e aumento da anteversão da pelve e extensão do tronco, resultando em um deslocamento posterior do centro de massa e conseqüente aumento do momento externo flexor do joelho. Esse padrão de movimento tem sido associado com inibição dos músculos extensores do quadril e tronco, assim como, aumento do recrutamento do músculo quadríceps (Blackburn e Padua, 2009; Pollard *et al.*, 2010), resultando em aumento da compressão femoropatelar. No presente estudo, embora as pacientes tenham apresentado aumento da anteversão da pelve, essa mudança foi acompanhada por aumento da flexão do quadril e ausência de alterações da excursão de movimento de flexão/extensão do tronco. Uma vez que os movimentos da pelve foram calculados em relação ao sistema de coordena global, os resultados do presente estudo demonstram que as pacientes do grupo TEF realizaram o agachamento unipodal após a intervenção com maior inclinação anterior do tronco (movimento caracterizado pela anteversão pélvica e flexão do quadril, com ausência de movimentos de flexão/extensão da coluna), resultando em um deslocamento anterior do centro de massa e conseqüente redução do momento externo flexor do joelho. O aumento do torque excêntrico flexor do joelho e da resistência dos músculos posteriores do tronco pode ter contribuído

com essas alterações cinemáticas. Os músculos isquiotibiais são os flexores primários do joelho, mas também são importantes extensores do quadril (Neumann, 2010). Embora a força dos extensores do quadril não tenha sido mensurada nesse estudo, é possível que o músculo glúteo máximo, o qual é o principal responsável por esse movimento, tenha sido fortalecido no grupo TEF, uma vez que o mesmo foi enfatizado durante o TEF. Para realizar o agachamento unipodal com maior inclinação anterior do tronco, as pacientes do grupo TEF devem ter aumento a demanda sobre os músculos extensores do quadril e tronco, enquanto diminuíram o recrutamento do quadríceps, resultando em menor compressão femoropatelar e dor.

Um importante aspecto clínico do TEF que deve ser salientado refere-se a utilização de recursos visuais, auditivos e educacionais pelo fisioterapeuta com o intuito de incentivar o apropriado alinhamento dinâmico do membro inferior e tronco durante a realização de atividades funcionais. As pacientes no grupo TEF foram persistentemente orientadas a manterem o alinhamento do membro inferior no plano frontal e a evitarem o padrão quadríceps dominante através da realização da inclinação anterior do tronco. Alguns estudos verificaram que a utilização de programas educacionais é essencial para causar mudanças cinemáticas significativas do membro inferior durante atividades funcionais, enquanto que o fortalecimento isolado dos músculos do quadril parece não ser suficiente para alcançar esse objetivo (Earl e Hoch, 2011; Herman *et al.*, 2008; Willy e Davis, 2011). Earl e Hoch (2011) observaram que um programa focado no fortalecimento dos músculos do quadril e do tronco não causou alterações cinemáticas do membro inferior em mulheres com DFP. Por outro lado, Baldon *et al.* (2012) verificaram que o fortalecimento dos músculos do quadril associado com a realização de exercícios funcionais combinados com estratégias de reaprendizagem motora (similar ao presente estudo) causou aumento do torque excêntrico abductor do quadril e redução da excursão de movimento de adução do quadril e abdução do joelho durante o agachamento unipodal. Noehren *et al.* (2011) observaram que somente a utilização de estratégias de reaprendizagem motora focadas no controle dos movimentos do fêmur no plano frontal durante a fase de apoio da corrida foram efetivas para a

redução da excursão de movimento de adução do quadril e dor no joelho em mulheres com DFP. Uma vez que as pacientes do grupo TEF realizaram tanto exercício de fortalecimento quanto treinamento funcional associado com recursos educacionais, torna-se impossível a determinação dos componentes específicos desse treinamento que foram responsáveis pelas alterações cinemáticas observadas.

Um resultado interessante observado nesse estudo foi a tendência para o efeito de interação Grupo X Tempo para o torque excêntrico rotador medial do quadril em favor do grupo TEF (diferença média entre os grupos de 0,13 Nm/kg) e ausência de interação para o torque excêntrico rotador lateral do quadril. Uma possível explicação para esses resultados relaciona-se com o posicionamento utilizado para a avaliação isocinética dos músculos rotadores do quadril. Em um estudo anatômico e de modelagem computadorizada, Delp *et al.* (1999) investigaram o efeito do ângulo de flexão do quadril sobre os braços de momento rotador dos músculos do quadril. Os autores verificaram que os músculos glúteo médio e glúteo máximo, os quais foram os músculos primariamente focados no TEF, são principalmente rotadores mediais quando o quadril encontra-se em 90° de flexão. Uma vez que no presente estudos os músculos rotadores do quadril foram avaliados com o quadril em 90° de flexão, é possível que o fortalecimento dos músculos glúteos tenha contribuído para o maior torque excêntrico rotador medial do quadril observado no grupo TEF após a intervenção.

Esse estudo apresenta algumas limitações. Primeiro, o reduzido número de pacientes incluídos nesse ensaio clínico resultou em grande IC de 95%, impossibilitando a realização de conclusões mais definitivas. Segundo, o avaliador não estava cego quanto à alocação das pacientes nos grupos, sendo esse um fator potencial para introduzir viés durante as avaliações do presente estudo. Para minimizar esse problema, o avaliador realizou todas as avaliações de forma consistente, utilizando comandos e instruções verbais padronizadas. Terceiro, devido ao caráter mais abrangente do TEF, as sessões de treinamento desse grupo foram em média 30 minutos mais longas quando comparadas às do grupo TC. Embora o maior volume de treinamento no TEF

poderia ter induzido maiores ganhos de força do músculo quadríceps e ter sido responsável pela melhora clínica mais acentuada nesse grupo, essa hipótese não é sustentada devido a ausência de efeito de interação Grupo X Tempo para essa variável. Finalmente, os achados do presente estudo deveriam ser extrapolados com cautela para pacientes do gênero masculino com DFP, uma vez que somente mulheres participaram desse estudo. Diversos estudos demonstraram que mulheres saudáveis apresentam maior excursão de movimento de adução do quadril e abdução do joelho quando comparadas aos homens durante a realização de diversas atividades funcionais com descarga do peso corporal (Baldon *et al.*, 2011; Ferber *et al.*, 2003; Ford *et al.*, 2006; Willson *et al.*, 2006). É possível que esse padrão de movimento observado nas mulheres possa contribuir para a maior incidência da DFP nesse gênero. Consequentemente, melhoras no controle de movimento do membro inferior poderiam estar mais relacionadas com o sucesso clínico do tratamento de mulheres com DFP, embora não existam evidências para suportar essa hipótese. Assim, estudos futuros são necessários para verificar os efeitos do TEF em homens com DFP.

## **5. CONCLUSÃO**

O tratamento composto por exercícios de fortalecimento para os músculos do quadril e joelho, associado ao treinamento funcional utilizando recursos educacionais para a correção do alinhamento dinâmico do membro inferior durante atividades com descarga do peso corporal, proporcionais benefícios adicionais para mulheres com DFP quando comparado ao tratamento focado primariamente no fortalecimento do quadríceps e alongamento dos músculos do membro inferior.

**Treinamento de estabilização funcional em mulheres com dor femoropatelar:  
Avaliação do torque excêntrico do quadril e resistência do tronco como  
mediadores das alterações cinemáticas do membro inferior e tronco no plano  
frontal em um ensaio clínico randomizado**

*Artigo submetido ao periódico Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*

## RESUMO

**Desenho experimental:** Análise de mediadores em um ensaio clínico randomizado

**Objetivos:** Determinar se o aumento da resistência dos músculos do tronco e da força dos músculos do quadril atuam como mediadores das alterações cinemáticas do membro inferior e tronco no plano frontal resultantes da participação de mulheres com dor femoropatelar (DFP) no treinamento de estabilização funcional (TEF).

**Histórico:** Tem sido proposto que o aumento da força dos músculos do quadril e tronco em pacientes com DFP é associado com alterações benéficas do alinhamento do membro inferior e tronco. Entretanto, não há evidências para suportar essa afirmação.

**Métodos:** Trinta e uma mulheres com DFP foram randomizadas nos grupos TEF ou treinamento convencional. As pacientes realizaram uma avaliação inicial seguida por uma intervenção de oito semanas de duração, sendo reavaliadas imediatamente ao término desse período. Os mediadores em potencial do TEF sobre a cinemática do membro inferior e tronco no plano frontal foram o torque excêntrico do quadril e resistência dos músculos do tronco. As variáveis cinemáticas no plano frontal foram analisadas durante o agachamento unipodal.

**Resultados:** A força excêntrica dos músculos glúteos demonstrou um efeito mediador sobre as mudanças cinemáticas no plano frontal (redução da excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco, depressão contralateral da pelve e adução do quadril) observadas no grupo TEF após a intervenção.

**Conclusão:** O fortalecimento dos músculos glúteos é associado com melhoras do alinhamento dinâmico do membro inferior e tronco no plano frontal.

**Nível de evidência:** Terapia, nível 1b.

**Palavras-chave:** Dor anterior do joelho. Biomecânica. Músculos do quadril. Patela. Treino de estabilização.

## 1. INTRODUÇÃO

A dor femoropatelar (DFP) é uma das disfunções por sobrecarga mais comuns da articulação do joelho tratadas nas clínicas de ortopedia e fisioterapia (Taunton *et al.*, 2002). Sujeitos com história prévia de DFP possuem risco aumentado de desenvolverem osteoartrite femoropatelar (Utting *et al.*, 2005), sendo que até 91% desses pacientes apresentarão queixa de dor no joelho e limitação funcional após vários anos do início da manifestação dos sintomas (Stathopulu e Baildam, 2003). Estudos demonstraram que pacientes com DFP apresentam pobre controle dos movimentos do quadril e tronco durante a realização de atividades funcionais, sendo que essas alterações cinemáticas tem sido associadas com aumento do estresse femoropatelar e com dor no joelho (Hubertie Hayes, 1984; Nakagawa *et al.*, 2012a; 2012b; Nakagawa *et al.*, 2013). Especificamente no plano frontal, pacientes com DFP apresentam maior excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco, depressão contralateral da pelve e adução do quadril quando comparados com sujeitos saudáveis (Nakagawa *et al.*, 2012a; Willson e Davis, 2008; 2009). A excessiva adução do quadril contribui com o aumento do ângulo do quadríceps (ângulo Q) e, conseqüentemente, o estresse femoropatelar no compartimento lateral (Hubertie Hayes, 1984). Ainda, a excessiva inclinação ipsilateral do tronco desloca a força de reação do solo lateralmente a interlinha articular do joelho, aumentando o momento externo abductor do joelho e o ângulo do quadríceps, contribuindo para o aumento da sobrecarga femoropatelar (Powers, 2010).

Uma vez que os músculos do quadril (abdutores, rotadores laterais e extensores) e do tronco são fundamentais para controlar os movimentos do fêmur, da pelve e do tronco durante a realização de atividades com descarga do peso corporal, tem sido comumente e empiricamente descrito que o aumento da força desses músculos por meio da realização de exercícios resistidos é capaz de alterar o padrão de movimento do membro inferior e do tronco (Fukuda *et al.*, 2012; 2010; Khayambashi *et al.*, 2012; Nakagawa *et al.*, 2008). Entretanto, alguns estudos demonstraram que o aumento isolado de força dos músculos do quadril e do tronco não é capaz de alterar a cinemática do membro

inferior durante a realização de atividades funcionais (Earl e Hoch, 2011; Herman *et al.*, 2008), sugerindo que talvez outros fatores possam ser mais relevantes para influenciar a cinemática do membro inferior no plano frontal.

Recentemente, os resultados de um ensaio clínico randomizado comparando dois programas de intervenção para pacientes com DFP foi publicado pelo nosso laboratório (Baldon *et al.*, 2014). O programa focado primariamente no fortalecimento dos músculos do quadril e tronco, denominado treinamento de estabilização funcional (TEF), foi capaz de alterar o padrão de movimento do membro inferior e tronco no plano frontal das pacientes, enquanto que o programa mais tradicional, denominado treinamento convencional (TC), composto principalmente por exercícios de fortalecimento do quadríceps, não causou nenhuma alteração biomecânica. Nesse estudo foi hipotetizado que as alterações cinemáticas observadas nas pacientes após a realização do TEF poderiam ter sido mediadas pelo aumento da força dos músculos do quadril e tronco. Entretanto essa hipótese não foi confirmada devido ao desenho experimental do estudo. Mediadores de um tratamento identificam os possíveis mecanismos pelos quais um tratamento consegue alcançar seus efeitos, podendo ser considerados os fatores causais das alterações observadas após a intervenção (Kraemer *et al.*, 2002). O entendimento dos mecanismos envolvidos para se alcançar os objetivos em um tratamento permitiria o desenvolvimento de uma intervenção em que os componentes eficientes pudessem ser enfatizados e refinados, enquanto que os componentes redundantes poderiam ser descartados. Assim, o objetivo desse estudo foi verificar os mecanismos associados com as alterações cinemáticas do membro inferior e tronco após o TEF. Especificamente, foi testado se o aumento da resistência dos músculos do tronco e da força dos músculos do quadril como resultado da participação no TEF mediou as mudanças na excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco, depressão contralateral da pelve e adução do quadril observadas nas pacientes com DFP após a intervenção.

## **2. MÉTODOS**

### **2.1 Participantes**

Esse estudo utilizou os dados da avaliação inicial e da avaliação realizada imediatamente após a intervenção de um ensaio clínico randomizado, comparativo controlado e mono-cego realizado no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia da Universidade Federal de São Carlos (Baldon *et al.*, 2014).

Trinta e uma atletas recreacionais com idade entre 18 e 30 anos com diagnóstico de DFP foram randomicamente alocadas no grupo TC (n = 16) ou TEF (n = 15). Pacientes foram recrutadas entre Março e Novembro de 2012. Os critérios de inclusão foram a presença de dor anterior/retropatelar de no mínimo 3cm na escala visual analógica (EVA) de 10cm por um período mínimo de 8 semanas; presença de dor anterior/retropatelar em pelo menos 3 das seguintes atividades: descida/subida de degraus, agachamento, corrida, ficar ajoelhado, aterrissagem de um salto e manutenção dos joelhos flexionados por longos períodos; início insidioso dos sintomas não relacionado com trauma. As pacientes foram excluídas se apresentassem comprometimento intra-articular; lesão ligamentar; instabilidade patelar; presença das síndromes de Osgood-Schlatter e Sindind-Larsen-Johansson; dor no quadril; derrame no joelho; realização prévia de cirurgia nos membros inferiores; e se a palpação no tendão patelar, trato iliotibial e na pata de ganso reproduzisse a dor (Cowan *et al.*, 2009; Nakagawa *et al.*, 2012b).

### **2.2 Randomização**

O procedimento de randomização das pacientes foi realizado em blocos de quatro e por meio da geração de uma lista de números randômicos no computador. Envelopes opacos e numerados de forma consecutiva foram preenchidos e selados com os números gerados previamente

ao início do experimento. Uma pessoa sem nenhum conhecimento sobre as pacientes realizou esse procedimento e a alocação das mesmas nos grupos TC e TEF. A randomização foi realizada previamente a avaliação inicial e as pacientes foram cegadas quanto ao grupo alocado. As pacientes de grupos diferentes realizaram as sessões de tratamento separadamente, não tendo conhecimento sobre os exercícios realizados pelo outro grupo.

## **2.3 Procedimentos**

Todas as pacientes leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (**ANEXO III**) aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da Universidade Federal de São Carlos (**ANEXO IV**). As pacientes realizaram uma avaliação inicial seguida por oito semanas de intervenção, sendo reavaliadas imediatamente após o término desse período. As pacientes realizaram uma avaliação isocinética do quadril, testes de resistência dos músculos do tronco e uma avaliação cinemática do membro inferior e tronco. Todas as avaliações foram realizadas no membro inferior sintomático e, nos casos de dor bilateral, o lado mais acometido de acordo com a percepção das pacientes foi utilizado.

## **2.4 Desfechos estudados**

### **2.4.1 Avaliação cinemática**

A cinemática do membro inferior e do tronco no plano frontal foi avaliada durante o agachamento unipodal utilizando o sistema eletromagnético Flock of Birds® (miniBIRD; Ascension Technology Corporation, Burlington, VT) integrado ao software Motion Monitor™ (Innovative Sports Training Inc, Chicago, IL). Previamente a avaliação, cinco sensores eletromagnéticos foram fixados sobre o esterno, sacro, face lateral do terço médio das coxas e

medialmente à tuberosidade da tíbia, e os dados cinemáticos foram coletados com uma frequência de amostragem de 90 Hz. Em seguida, os maléolos medial e lateral e os epicôndilos femorais foram digitalizados para determinar os centros articulares do tornozelo e joelho, respectivamente. O centro articular do quadril foi determinado utilizando a abordagem funcional descrita por Leardini et al. (1999). Ainda, os espaços interarticulares de C7-T1, T12-L1 e L5-S1 também foram digitalizados e os ângulos do tronco foram determinados pelos sensores do esterno e do sacro. As pacientes foram orientadas a permanecerem em apoio unipodal, com o joelho do membro contralateral mantido em 90° de flexão e quadril em posição neutra, e com os membros superiores cruzados em frente do tronco. Nessa postura, foi realizada uma coleta de dados estática das pacientes para determinar os ângulos articulares do tronco, pelve, quadril e joelho em repouso.

As pacientes foram então orientadas a realizarem o agachamento unipodal partindo da postura estática descrita acima até no mínimo 60° de flexão do joelho e, em seguida, retornar a posição inicial. O tempo de execução do teste foi padronizado por meio de um cronômetro digital em  $2 \pm 0,3$  segundos. Cada paciente completou três tentativas para familiarização e cinco movimentos válidos foram utilizados para a análise dos dados, com 1 minuto de repouso entre eles. Quando algum dos pré-requisitos do teste não era realizado ou quando era observada perda evidente do equilíbrio corporal, a tentativa era invalidada e repetida. A média dos valores obtidos das cinco tentativas válidas foi utilizado na análise estatística.

Todos os dados cinemáticos foram filtrados com um filtro de quarta ordem, zero *lag*, passa-baixa *Butterworth* com frequência de corte de 6 Hz (Nakagawa *et al.*, 2012a). Os ângulos de Euler foram calculados utilizando o sistema de coordena articular recomendado pela Sociedade Internacional de Biomecânica (Grood e Suntay, 1983; Wu *et al.*, 2002) por meio do *software Motion Monitor*<sup>TM</sup>. As variáveis cinemáticas estudadas no plano frontal foram a inclinação ipsilateral/contralateral do tronco, elevação/depressão contralateral da pelve e adução/abdução do quadril. Por convenção, os movimentos de inclinação ipsilateral do tronco, depressão contralateral da pelve e adução do quadril foram considerados valores positivos. Os movimentos da pelve foram

calculados em relação ao sistema de coordena global enquanto que as outras variáveis foram determinadas através dos sistemas de coordenadas locais. Todas as variáveis representam a excursão de movimento articular, calculada pela subtração dos valores obtidos quando o joelho encontrava-se em 60° de flexão durante o agachamento unipodal daquele obtidos durante a postura estática. Um estudo prévio observou excelente confiabilidade desse protocolo de análise de movimento, com coeficientes de correlação intraclassa ( $ICC_{3,1}$ ) variando entre 0,92 e 0,95 e o erro padrão da medida (EPM) variando entre 0,07 e 1,83 graus (Nakagawa *et al.*, 2012b). Todos os dados foram processados utilizando o *software Matlab* (Mathworks, Inc., Natick, MA).

## **2.5 Mediadores em potencial**

### **2.5.1 Resistência dos músculos do tronco**

A resistência dos músculos do tronco foi definida como o tempo que as pacientes conseguiam sustentar uma posição estática previamente definida, sendo que todos os testes foram realizados de forma aleatória. A resistência dos músculos posteriores do tronco foi avaliada com as pacientes em decúbito ventral e com o tronco inferior fixado na mesa de avaliação por meio de faixas inelásticas ao nível dos joelhos e quadril. Previamente ao teste, o tronco superior das pacientes era mantido fora da mesa de avaliação, com seus membros superiores apoiados sobre o solo. No início do teste, as pacientes foram instruídas a realizarem a extensão do tronco superior e a sustentá-lo paralelo ao solo, com os membros superiores mantidos cruzados em frente ao tórax. A resistência dos músculos anteriores do tronco foi avaliada por meio da ponte ventral, com as pacientes sustentando seu corpo em linha reta com apoio sobre os antebraços e pés. Por fim, a resistência dos músculos laterais do tronco foi quantificada através da ponte lateral, com o membro inferior avaliado localizado inferiormente. Mantendo o apoio sobre o antebraço e a borá lateral do pé do lado envolvido, as pacientes foram orientadas a levantarem seus quadris da mesa de avaliação

e a sustentarem o corpo em linha reta, enquanto que o membro superior do lado contralateral era mantido ao lado do tronco. Todas as avaliações foram interrompidas quando as pacientes eram incapazes de sustentar a posição inicial do teste. Apenas uma tentativa para cada teste foi realizada, com um intervalo de 2 minutos entre cada teste. A duração em segundos que as pacientes mantinham a posição dos testes foi utilizada na análise estatística. A confiabilidade desses testes é excelente, com ICC<sub>3,1</sub> variando entre 0,95 e 0,99 e EPM variando entre 3,40 e 9,93 segundos (Durall *et al.*, 2012; McGill *et al.*, 1999).

### **2.5.2 Avaliação do torque excêntrico do quadril**

A avaliação da função excêntrica dos músculos do quadril foi escolhida, pois ela representa a ação muscular necessária para controlar os movimentos do membro inferior durante a realização de atividades funcionais com descarga do peso corporal. O torque excêntrico do quadril foi mensurado utilizando um dinamômetro isocinético (*Biodex Multi-Joint System 2; Biodex Medical System Inc*, New York, NY) com uma velocidade angular de 30°/s, entre 48 e 96 horas após o término da avaliação da resistência dos músculos do tronco. A ordem de execução dos testes foi determinada aleatoriamente. A avaliação do torque excêntrico adutor/abdutor do quadril foi realizada com as pacientes em decúbito lateral, com o membro inferior avaliado paralelo ao solo e em posição neutra nos três planos de movimento. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado ao centro articular do quadril e a plataforma de resistência do dinamômetro foi posicionada lateralmente à coxa do membro inferior avaliado, 5 cm acima da base da patela. A estabilização do tronco e do membro inferior não-avaliado foi realizada por meio de dois cintos, um proximalmente à crista ilíaca e o outro no pé, respectivamente. A amplitude de movimento do teste foi de 0° até 30° de abdução do quadril (Baldon *et al.*, 2012). Os principais músculos envolvidos na geração de torque abdutor nessa posição são todas as fibras musculares do glúteo médio, glúteo mínimo e tensor da fáscia lata, enquanto que os músculos primários geradores de torque adutor são o

pectíneo, adutor longo, adutor magno (porções anterior e posterior), adutor curto e grácil (Neumann, 2010).

A avaliação do torque excêntrico rotador medial/lateral do quadril foi realizada com as pacientes sentadas, joelhos e quadris flexionados em 90° e com o quadril do membro inferior avaliado em 10° de rotação medial. O eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado ao centro da patela e a plataforma de resistência posicionada 5 cm acima do maléolo lateral. A estabilização do tronco e do membro inferior avaliado foi realizada por meio de quatro cintos, dois diagonais cruzando o tronco, um pélvico e outro no terço distal da coxa. A amplitude de movimento do teste foi de 10° de rotação medial até 20° de rotação lateral do quadril (Baldon *et al.*, 2012). Com o quadril flexionado em 90°, os principais músculos responsáveis pela produção de torque rotador medial do quadril são todas as fibras musculares do glúteo médio, glúteo mínimo, tensor da fáscia lata, piriforme e a maior porção do glúteo máximo, enquanto que os músculos profundos do quadril (obturador externo, obturador interno e quadrado femoral) são os principais responsáveis pela geração de torque rotador lateral do quadril (Delp *et al.*, 1999; Neumann, 2010)

Previamente a cada avaliação, cinco repetições submáximas e duas repetições máximas foram realizadas para familiarização. Após três minutos de repouso, as pacientes realizaram duas séries de cinco repetições excêntricas recíprocas máximas, com três minutos de repouso entre cada série. Encorajamento verbal foi fornecido para estimular todas as pacientes a produzirem o máximo torque. Para corrigir a influência da gravidade sobre os dados adquiridos, os membros inferiores das mesmas foram pesados em cada teste conforme instruções do manual de operações do dinamômetro. Para análise estatística foi utilizado o valor de pico de torque normalizado pela massa corporal (Nm/kg), o qual poderia estar presente na primeira ou segunda série. Esses testes apresentam excelente índices de confiabilidade, com ICC<sub>3,1</sub> variando entre 0,78 e 0,97 e EPM variando entre 0,07 e 0,16 Nm/kg (Baldon *et al.*, 2012).

## 2.6 Intervenções

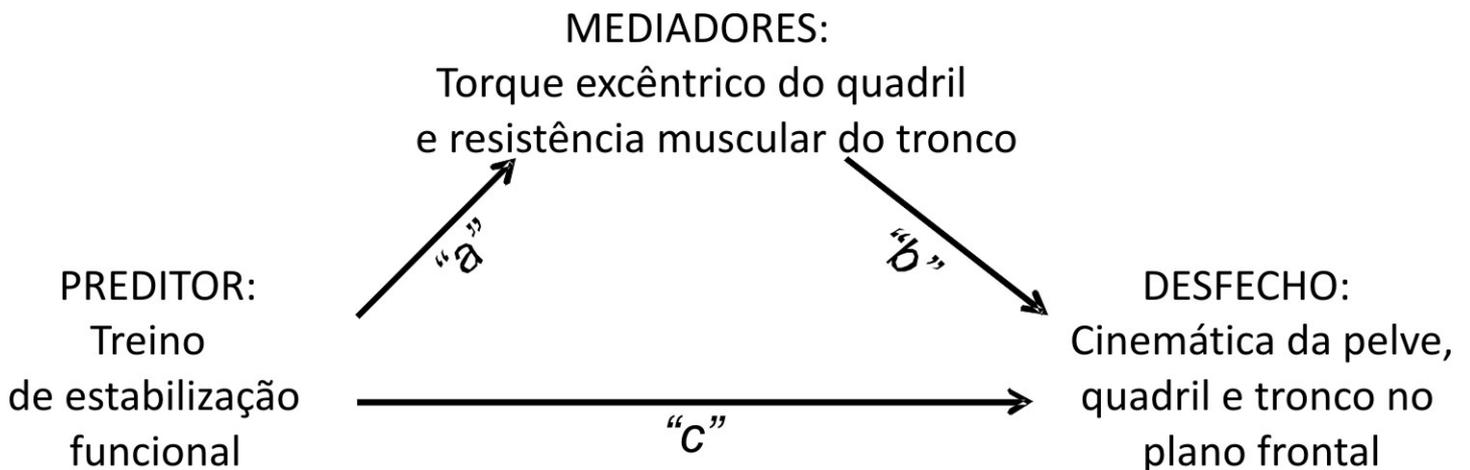
As sessões de tratamento começaram de 3-5 dias após a avaliação isocinética inicial. As pacientes de ambos os grupos realizaram o protocolo de treinamento três vezes por semana, durante oito semanas, com um intervalo mínimo entre as sessões de 24 horas. Todas as sessões de treinamento foram supervisionadas pelo mesmo fisioterapeuta. Em ambos os grupos, a carga inicial para a maioria dos exercícios de fortalecimento foi baseada no teste de uma repetição máxima (1 RM), o qual foi realizado no início da primeira semana e repetido no começo da terceira e sexta semanas. Durante todos os exercícios foi tolerada uma dor máxima no joelho de 3/10 na EVA. As cargas de treinamento foram progredidas quando as pacientes eram capazes de realizar um determinado exercício sem exacerbação dos sintomas, fadiga excessiva e presença de dor muscular após 48 horas da última sessão de treinamento.

O TC consistiu de exercícios de alongamento dos músculos isquiotibiais, gastrocnêmios, sóleo, quadríceps, retináculo lateral e trato iliotibial, assim como, exercícios de fortalecimento do quadríceps em cadeia cinética aberta e fechada. O TEF foi composto por exercícios de fortalecimento dos músculos glúteos e do tronco, com e sem descarga do peso corporal. Ainda, as pacientes realizaram um treinamento funcional associado com estratégias educacionais para a aprendizagem do apropriado alinhamento dinâmico do membro inferior e tronco. Uma descrição detalhada dos exercícios realizados em ambos os grupos foi descrita previamente (Baldon *et al.*, 2014).

## 2.7 Análise estatística

O modelo teórico descrito por MacKinnon *et al.* (2007) foi seguido para verificar os efeitos de mediação (**FIGURA 1**). Nesse modelo, a condição de intervenção TEF versus TC (variável

preditora) é considerada como tendo tanto um efeito direto quanto um efeito indireto sobre as mudanças cinemáticas no plano frontal (desfechos) observadas após a intervenção. De acordo com a **FIGURA 1**, o caminho “c” é considerado o efeito total (efeitos direto e indireto), enquanto que o caminho “a” → “b” é considerado o efeito indireto, o qual passa através das variáveis de torque excêntrico do quadril e resistência muscular do tronco (mediadores em potencial). Segundo Baron e Kenny (1986), quatro condições devem estar presentes para uma variável ser considerada mediadora: (1) a variável preditora deve ser significativamente associada com o desfecho; (2) a variável preditora deve ser significativamente associada com a variável mediadora em potencial; (3) o mediador em potencial deve ser significativamente associado com o desfecho após o modelo ter sido controlado pela variável preditora; e (4) o efeito da variável preditora sobre o desfecho deve ser menor após o modelo ter sido controlado pela variável preditora em potencial.



**FIGURA 1: Modelo de representação dos efeitos da variável preditora sobre os desfechos estudados.**

As quatro condições citadas acima foram testadas por meio de três regressões lineares múltiplas como sugerido por Holmbeck *et al.* (1997). A primeira regressão testou a associação entre a variável preditora com os desfechos em potencial (primeira condição) e a segunda regressão testou a associação entre a variável preditora e os mediadores em potencial (segunda condição). A

terceira regressão testou a associação entre os mediadores e os desfechos em potencial após o modelo ter sido controlado pela variável preditora (terceira condição). Em seguida, foi observado se as associações entre a variável preditora com os desfechos estudados, após o modelo ter sido controlado pela variável mediadora em potencial, foram menores que as associações observadas na primeira regressão (quarta condição). Especificamente, quanto maior a redução no coeficiente de regressão da terceira regressão quando comparado a primeira regressão, maior é o potencial da variável mediadora. Após todas as condições terem sido satisfeitas, o efeito indireto, o qual é matematicamente equivalente a redução do efeito total (caminho “c”) após o mediador ter sido incluído no modelo (caminho “a” → “b”), e o erro padrão (EP) do efeito indireto foram calculados, sendo o último obtido através do teste de Sobel. Finalmente, testes estatísticos para os efeitos indiretos foram aplicados conforme descrito por Holmbeck (2002), para determinar a contribuição da variável mediadora nas mudanças observadas nos desfechos estudados. A análise estatística foi realizada utilizando o *software* SPSS (versão 21, SPSS Inc, Chicago, IL) e o nível de significância estabelecido para todas as análises foi de 0,10. Para as variáveis mediadoras em potencial e para os desfechos estudados, os dados utilizados referem-se às diferenças intra-grupo.

### 3. RESULTADOS

Sessenta e três mulheres foram avaliadas e 31 apresentaram os critérios de elegibilidade para participar desse estudo, as quais foram randomicamente alocadas no Grupo 1 (TC; n = 16) ou Grupo 2 (TEF; n =15). Um fluxograma das participantes desse estudo seguindo as orientações do CONSORT foi publicado recentemente (Baldon *et al.*, 2014). Uma paciente do grupo TEF não completou a intervenção e foi excluída do estudo. Consequentemente, 30 pacientes concluíram a avaliação ao término da intervenção e foram incluídas na análise dos dados. A **TABELA 1** e a **TABELA 2** descrevem as características demográficas das pacientes e as diferenças intra-grupo dos mediadores em potencial e dos desfechos em potencial de ambos os grupos, respectivamente.

**TABELA 1. Características demográficas das pacientes\*.**

Variáveis	Treino Convencional (n = 15)	Treino de Estabilização (n = 15)
<b>Características Demográficas</b>		
Idade (anos)	22.78 ± 3.31	21.31 ± 2.65
Altura (m)	1.66 ± 0.08	1.62 ± 0.06
Massa (kg)	57.37 ± 8.41	58.31 ± 7.29
Índice de Massa Corporal	20.73 ± 2.09	22.27 ± 2.52

\*Dados estão demonstrados como média +/- DP.

**TABELA 2: Efeito das intervenções sobre as variáveis de torque excêntrico do quadril, resistência do tronco e cinemática do membro inferior e tronco\*.**

Variáveis	Treino Convencional	Treino de Estabilização
<b>Mediadores em Potencial</b>		
<b>Diferença Intra-grupo (<math>\Delta</math>) no Torque Excêntrico do Quadril (Nm/Kg)<sup>†</sup></b>		
$\Delta$ no Torque Abdutor	0,04 (-0,02; 0,09)	0,22 (0,09; 0,35)
$\Delta$ no Torque Adutor	0,06 (-0,04; 0,15)	0,07 (-0,02; 0,16)
$\Delta$ no Torque Rotador Lateral	0,06 (0,01; 0,12)	0,08 (0,03; 0,13)
$\Delta$ no Torque Rotador Medial	0,00 (-0,11; 0,11)	0,14 (0,03; 0,25)
<b><math>\Delta</math> na Resistência do Tronco (seg)<sup>†</sup></b>		
$\Delta$ na Resistência Lateral do Tronco	3,18 (-0,69; 7,06)	32,71 (23,74; 41,67)
$\Delta$ na Resistência Anterior do Tronco	-6,20 (-19,54; 7,14)	47,84 (31,74; 63,95)
$\Delta$ na Resistência Posterior do Tronco	-2,95 (-17,26; 11,36)	44,72 (23,40; 66,05)
<b>Desfechos em Potencial</b>		
<b><math>\Delta</math> na Cinemática do Plano Frontal (graus)<sup>‡</sup></b>		
$\Delta$ na Inclinação do Tronco Ipsilateral/Contralateral	0,14 (-1,64; 1,93)	-3,18 (-1,22; -5,14)
$\Delta$ na Elevação/Depressão Pélvica	0,18 (-1,44; 1,81)	-3,98 (-1,32; -6,64)
$\Delta$ na Adução/Abdução do Quadril	-1,68 (-3,66; 0,30)	-11,27 (-8,43; -14,11)

\*Dados apresentados como Intervalo de Confiança de 95%.

<sup>†</sup>Valores positivos representam aumento do torque excêntrico de quadril e resistência do tronco após intervenção.

<sup>‡</sup>Valores negativos representam redução da inclinação ipsilateral do tronco, depressão pélvica e adução do quadril após a intervenção.

### **3.1 Associação entre a variável preditora e os desfechos em potencial (primeira condição).**

A condição intervenção foi associada negativamente com as mudanças cinemáticas no plano frontal (**TABELA 3**). Essas associações revelam que as pacientes no grupo TEF apresentaram uma redução mais acentuada na excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco, depressão pélvica contralateral e adução do quadril quando comparadas as pacientes do grupo TC após a intervenção. Consequentemente, as três variáveis cinemáticas foram consideradas como desfechos desse estudo.

### **3.2 Associação entre a variável preditora e os mediadores em potencial (segunda condição).**

Embora a condição intervenção não tenha sido associada com as diferenças intra-grupo referentes ao torque excêntrico adutor e rotador lateral do quadril, ela foi significativamente e positivamente associada com as diferenças intra-grupo do torque excêntrico abductor e rotador medial do quadril, assim como, da resistência muscular anterior, posterior e lateral do tronco (**TABELA 3**). Tais correlações demonstram que as pacientes do grupo TEF apresentaram um aumento mais acentuado nessas variáveis quando comparadas as pacientes do grupo TC após a intervenção. Consequentemente, essas cinco variáveis foram consideradas como mediadores em potencial.

**TABELA 3. Análise de regressão sobre a associação entre a forma de intervenção e a cinemática no plano frontal (primeira condição) e sobre a associação entre o tipo de intervenção e o torque excêntrico de quadril e a resistência do tronco (segunda condição).**

Variáveis	$\beta$	B efeito total	EP efeito total	P
<b>Primeira Condição</b>				
Forma de Intervenção → Diferença Intra-grupo ( $\Delta$ ) da Inclinação de Tronco Ipsilateral	-0,45	-3,34	1,24	0,012
Forma de Intervenção → $\Delta$ da Depressão Pélvica Contralateral	-0,45	-3,80	1,41	0,012
Forma de Intervenção → $\Delta$ da Adução de Quadril	-0,75	-9,60	1,58	<0,001
<b>Segunda Condição</b>				
Forma de Intervenção → $\Delta$ do Torque Excêntrico Abdutor do Quadril	0,48	0,18	0,06	0,007
Forma de Intervenção → $\Delta$ do Torque Excêntrico Adutor do Quadril	0,04	0,01	0,06	0,824
Forma de Intervenção → $\Delta$ do Torque Excêntrico Rotador Lateral do Quadril	0,09	0,02	0,04	0,649
Forma de Intervenção → $\Delta$ do Torque Excêntrico Rotador Medial do Quadril	0,33	0,14	0,07	0,071
Forma de Intervenção → $\Delta$ da Resistência Lateral do Tronco	0,79	29,52	4,33	<0,001
Forma de Intervenção → $\Delta$ da Resistência Anterior do Tronco	0,73	54,05	9,66	<0,001
Forma de Intervenção → $\Delta$ da Resistência Posterior do Tronco	0,61	47,67	11,77	<0,001

### 3.3 Associação entre os mediadores em potencial e os desfechos estudados após o modelo ter sido controlado pelo preditor (terceira condição).

Quando controlado pela forma de intervenção, somente as mudanças do torque excêntrico rotado medial do quadril demonstraram uma associação significativa e negativa com as mudanças cinemáticas no plano frontal observadas após a intervenção (TABELA 4). Tal associação demonstra que quanto maior foi o aumento do torque excêntrico rotador medial do quadril, maiores foram as reduções das excursões de movimento de inclinação ipsilateral do tronco, depressão contralateral da pelve e adução do quadril após a intervenção.

**TABELA 4. Análise de regressão da associação entre os potenciais mediadores (determinados na segunda regressão) e as variáveis cinemáticas após controlar pela variável preditora (tipo de intervenção) – terceira condição.**

Variáveis	$\beta$	B	EP	P
Diferença Intra-grupo ( $\Delta$ ) do Torque Excêntrico Abdutor do Quadril $\rightarrow$ $\Delta$ da Inclinação de Tronco Ipsilateral	0.17	3.29	3.71	.38
$\Delta$ do Torque Excêntrico Abdutor do Quadril $\rightarrow$ $\Delta$ da Depressão Pélvica Contralateral	0.14	3.18	4.25	.46
$\Delta$ do Torque Excêntrico Abdutor do Quadril $\rightarrow$ $\Delta$ da Adução de Quadril	-0.02	-0.54	4.82	.91
$\Delta$ do Torque Excêntrico Rotador Medial do Quadril $\rightarrow$ $\Delta$ da Inclinação de Tronco Ipsilateral	-0.32	-5.79	3.10	.07
$\Delta$ do Torque Excêntrico Rotador Medial do Quadril $\rightarrow$ $\Delta$ da Depressão Pélvica Contralateral	-0.43	-8.92	3.33	.01
$\Delta$ do Torque Excêntrico Rotador Medial do Quadril $\rightarrow$ $\Delta$ da Adução de Quadril	-0.40	-12.49	3.45	.001
$\Delta$ da Resistência Lateral do Tronco $\rightarrow$ $\Delta$ da Inclinação de Tronco Ipsilateral	-0.09	-0.02	0.05	.75
$\Delta$ da Resistência Lateral do Tronco $\rightarrow$ $\Delta$ da Depressão Pélvica Contralateral	0.08	0.02	0.06	.79
$\Delta$ da Resistência Lateral do Tronco $\rightarrow$ $\Delta$ da Adução de Quadril	0.05	0.02	0.07	.79
$\Delta$ da Resistência Anterior do Tronco $\rightarrow$ $\Delta$ da Inclinação de Tronco Ipsilateral	-0.18	-0.02	0.02	.46
$\Delta$ da Resistência Anterior do Tronco $\rightarrow$ $\Delta$ da Depressão Pélvica Contralateral	-0.19	-0.02	0.03	.45
$\Delta$ da Resistência Anterior do Tronco $\rightarrow$ $\Delta$ da Adução de Quadril	-0.21	-0.04	0.03	.25
$\Delta$ da Resistência Posterior do Tronco $\rightarrow$ $\Delta$ da Inclinação de Tronco Ipsilateral	-0.06	-0.01	0.02	.77
$\Delta$ da Resistência Posterior do Tronco $\rightarrow$ $\Delta$ da Depressão Pélvica Contralateral	0.18	0.02	0.02	.42
$\Delta$ da Resistência Posterior do Tronco $\rightarrow$ $\Delta$ da Adução de Quadril	0.01	0.00	0.03	.93

### 3.4 Associação entre a variável preditora e os desfechos estudados após o modelo ter sido controlado pelos mediadores em potencial (quarta condição).

Comparado aos resultados obtidos na primeira regressão, quando o torque excêntrico rotador medial do quadril foi controlado no modelo, as associações entre a forma de intervenção e as mudanças cinemáticas tornaram-se menores (inclinação ipsilateral do tronco,  $B = -2,55$  versus  $B = -3,34$ ; depressão contralateral da pelve,  $B = -2,59$  versus  $B = -3,80$ ; adução do quadril,  $B = -7,90$  versus  $B = -9,60$ ).

### 3.5 Efeitos indiretos dos mediadores em potencial

Após remover o efeito direto do TEF sobre os desfechos estudados, o torque excêntrico rotador medial do quadril foi considerado uma variável mediadora das mudanças cinemáticas (TABELA 5). Esse resultado demonstrou que o aumento do torque excêntrico rotador medial do quadril observado no TEF contribuiu para os efeitos dessa intervenção em reduzir a excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco, depressão contralateral da pelve e adução do quadril das pacientes que realizaram essa intervenção.

**TABELA 5. Estimativa do efeito indireto das variáveis mediadoras em potencial.**

Efeito mediador potencial	B efeito indireto	EP efeito indireto	P	% da contribuição da variável mediadora
Forma de Intervenção → Diferença Intra-grupo ( $\Delta$ ) do Torque Excêntrico Rotador Medial do Quadril → $\Delta$ da Inclinação do Tronco Ipsilateral	-0.79	0.59	.09	24%
Forma de Intervenção → do Torque Excêntrico Rotador Medial do Quadril → $\Delta$ da Depressão Pélvica Contralateral	-1.21	0.79	.06	32%
Forma de Intervenção → $\Delta$ do Torque Excêntrico Rotador Medial do Quadril → $\Delta$ da Adução do Quadril	-1.70	1.05	.04	18%

#### 4. DISCUSSÃO

Um recente ensaio clínico randomizado com pacientes com DFP demonstrou que um tratamento abrangente composto por exercícios de fortalecimento dos músculos quadril e tronco é capaz de aumentar a força desses músculos e causar alterações cinemáticas do membro inferior no plano frontal (Baldon *et al.*, 2014). Embora o aumento da força dos músculos do quadril e tronco tem sido empiricamente relacionado com a melhora do controle dos movimentos do membro inferior, o mecanismo exato responsável por essas alterações ainda não foi determinado. Até o momento, ainda não está claro se o mecanismo responsável pela melhora do padrão de movimento após a intervenção deve-se ao aumento da força dos músculos do quadril e tronco, ou se outros fatores, como a melhora da coordenação motora e mudanças nos padrões de recrutamento muscular, são mais decisivos para alterar a cinemática do membro inferior. A determinação dos mediadores (mecanismos) do TFE permitiria ao fisioterapeuta aprimorar a conduta terapêutica e realizar uma intervenção baseada em evidência sobre quais exercícios deveriam ser enfatizados para melhorar a cinemática do membro inferior no plano frontal.

Os resultados do presente estudo demonstraram que as reduções da excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco, depressão contralateral da pelve e adução do quadril observadas no grupo TEF após a intervenção foram mediadas pelo aumento do torque excêntrico rotador medial do quadril. O fato do torque excêntrico rotador medial e não do torque excêntrico rotador lateral do quadril ter mediado os efeitos do TEF sobre a cinemática do membro inferior e tronco parece ser contraditório, uma vez que diversas evidências tem demonstrando a importância dos músculos rotadores laterais do quadril no tratamento de pacientes com DFP (Ireland *et al.*, 2003; Nakagawa *et al.*, 2012b; Souza e Powers, 2009). Entretanto, tais resultados podem ser explicados pela ação rotadora dos músculos do quadril quando o mesmo encontra-se em 90° de flexão. Embora os músculos glúteo máximo e glúteo médio sejam rotadores laterais do quadril na posição ortostática, eles tornam-se rotadores mediais na posição sentada (Delp *et al.*, 1999). Em um estudo

cadavérico e de modelagem computadorizada, Delp *et al.* (1999) verificaram que esses músculos, os quais foram os principais focados no TEF, mudaram seus braços de momento de rotação lateral (quadril em posição neutra) para rotação medial quando o quadril encontrava-se em 90° de flexão. Como no presente estudo o torque rotador do quadril foi avaliado com essa articulação em 90° de flexão, o teste de rotação medial testou principalmente a força da musculatura glútea (mínimo, médio e máximo) e do piriforme, enquanto que o teste de rotação lateral avaliou a função dos músculos profundos do quadril (obturadores e quadrado femoral).

Um resultado inesperado no presente estudo foi a ausência de um efeito de mediação do torque excêntrico abductor do quadril sobre as mudanças cinemáticas. Esse resultado pode ser explicado pelos principais músculos recrutados durante o teste de abdução do quadril. Enquanto esse teste avalia principalmente a função dos músculos glúteo médio, glúteo mínimo e tensor da fáscia lata, o teste de rotação medial do quadril com essa articulação em 90° de flexão avalia simultaneamente a função desses músculos e do glúteo máximo. O TEF focou principalmente no fortalecimento dos músculos glúteos, incluindo o glúteo máximo. Os músculos glúteo médio e glúteo máximo (principalmente sua porção superior) atuam excêntricamente para controlar a adução do quadril e para manter a pelve alinhada no plano frontal durante atividades com apoio unipodal, além de prevenirem movimentos compensatórios como a inclinação ipsilateral do tronco (Lyons *et al.*, 1983; Powers, 2010). Portanto, a ação adicional do músculo glúteo máximo durante a avaliação do torque excêntrico rotador medial do quadril pode ter sido a razão pela qual essa variável mediou os efeitos do TEF sobre a cinemática do membro inferior e tronco, enquanto que o torque abductor não apresentou tal efeito. Entretanto, tal hipótese não pôde ser confirmada, uma vez que o torque extensor do quadril não foi avaliado no presente estudo.

Tais resultados apresentam grande relevância clínica, visto que foi demonstrado que o aumento da força da musculatura glútea através do TEF é capaz de modificar um padrão de movimento que tem sido relacionado com o desenvolvimento da DFP. Foi verificado que o fortalecimento desses músculos foi um ingrediente ativo do TEF responsável pelas alterações

cinemáticas observadas após a intervenção. Um recente estudo prospectivo verificou que sujeitos que aterrissavam durante atividades de salto com maior momento externo abductor do joelho eram mais propensos a desenvolverem a DFP (Myer *et al.*, 2010). O aumento do momento externo abductor do joelho pode ter consequências deletérias, visto que ele está associado com o aumento do estresse femoropatelar no compartimento lateral. Sabe-se que a magnitude dessa variável cinética está intimamente relacionada com a excursão de movimento de adução do quadril e abdução do joelho. Além disso, ela também é influenciada pela distância da força de reação do solo em relação a interlinha articular do joelho no plano frontal, a qual é diretamente relacionada com a excursão de movimento de inclinação ipsilateral do tronco (Powers, 2010). De fato, diversos estudos demonstraram que sujeitos com DFP apresentam aumento da adução do quadril e da inclinação ipsilateral do tronco com comparados com sujeitos saudáveis (Nakagawa *et al.*, 2012a; Willson e Davis, 2008; 2009). Os resultados do presente estudo indicam que o aumento da força dos músculos glúteos é um mecanismo pelo qual o TEF reduz a inclinação ipsilateral do tronco, depressão contralateral da pelve e adução do quadril, podendo dessa forma reduzir o momento externo abductor do joelho e o estresse femoropatelar.

O aumento da resistência dos músculos do tronco não mediou as mudanças cinemáticas observadas após o TEF. Alguns estudos demonstraram que durante a realização de movimentos dos membros, os músculos do tronco são recrutados de maneira antecipatória para estabilizar a coluna, ou são ativados após o deslocamento do centro de massa resultante dos movimentos do membro inferior (Hodges e Richardson, 1997; 1999). Consequentemente, o treinamento dos músculos do tronco tem sido incorporado no tratamento de pacientes com DFP com o objetivo de melhorar a estabilidade da coluna e evitar movimento aberrante do tronco e do membro inferior. Entretanto, Powers (2010) sugeriu que a estabilidade dinâmica do tronco não ocorre na ausência de estabilidade da pelve, uma vez que a fraqueza dos músculos glúteos pode causar a depressão contralateral da pelve e a inclinação ipsilateral compensatória do tronco. Os resultados do presente estudo indicam

que o aumento da resistência dos músculos do tronco não está relacionado com as alterações cinemáticas observadas após a realização do TEF.

Esse estudo apresenta algumas limitações. O efeito mediador do torque excêntrico rotador medial do quadril sobre a relação entre o TEF e a melhora da cinemática do membro inferior e tronco variou entre 17% e 32%. Esses efeitos, embora clinicamente relevantes, implicam que fatores adicionais contribuíram para os efeitos do TEF sobre a cinemática, tal como o aumento da força extensora do quadril e o aprendizado do padrão de movimento apropriado. Noehren *et al.* (2011) verificaram que somente a utilização de estratégias de reaprendizagem motora focadas no controle dos movimentos do fêmur no plano frontal durante a fase de apoio da corrida foram efetivas para a redução da excursão de movimento de adução do quadril e dor no joelho em mulheres com DFP. Entretanto, a força dos músculos extensores e a influência da aprendizagem motora sobre o alinhamento dinâmico do membro inferior e tronco não foram mensurados nesse estudo.

## **5. CONCLUSÃO**

O presente estudo demonstrou que o aumento do torque excêntrico rotador medial do quadril em pacientes com DFP demonstrou um efeito mediador sobre as alterações cinemáticas no plano frontal observadas no grupo TEF após a intervenção. Esse achado sugere que o aumento da força da musculatura glútea em pacientes com DFP contribuiu para a melhora da cinemática do membro inferior e tronco durante a realização de atividades funcionais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Baseado nos resultados dos estudos apresentados nesta tese de doutorado, podemos considerar que:

- O treinamento de estabilização funcional é capaz de aumentar o torque excêntrico do quadril e joelho, aumentar o rendimento funcional e melhorar o padrão de movimento do membro inferior durante o agachamento unipodal em mulheres saudáveis. Tais resultados podem ser importantes para a prevenção de lesões do joelho, como a ruptura do ligamento cruzado anterior e o desenvolvimento da dor femoropatelar.
- O treinamento de estabilização funcional, quando comparado ao treinamento convencional, é mais efetivo para melhorar a dor e a capacidade funcional de pacientes com dor femoropatelar. Além disso, somente o treinamento de estabilização funcional é capaz de aumentar o torque excêntrico de quadril e joelho, assim como, melhorar o padrão de movimento do membro inferior e tronco durante o agachamento unipodal dessas pacientes. Tais resultados sugerem que o treinamento de estabilização funcional deveria ser a opção de escolha para o tratamento de pacientes com dor femoropatelar.
- O aumento da força dos músculos glúteos como resultado da participação do treinamento de estabilização funcional é parcialmente responsável pelas alterações cinemáticas do membro inferior e tronco no plano frontal observadas em pacientes com dor femoropatelar após a realização deste programa de intervenção. Assim, para que ocorram mudanças no padrão de movimento do membro inferior e tronco no plano frontal, é fundamental o aumento da força dos músculos glúteos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Abdel-Aziz YI, Karara HM. Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry. In: *Proceedings of the ASP/UI Symposium on close range photogrammetry*; 1971: Falls Church, Virginia (USA). American Society of Photogrammetry; 1971. p. 1-18.

Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med.* 1995;23(6):694-701.

Baldon Rde M, Lobato DF, Carvalho LP, Santiago PR, Benze BG, Serrao FV. Relationship between eccentric hip torque and lower-limb kinematics: gender differences. *J Appl Biomech.* 2011;27(3):223-32.

Baldon Rde M, Lobato DF, Carvalho LP, Wun PY, Santiago PR, Serrao FV. Effect of functional stabilization training on lower limb biomechanics in women. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(1):135-45.

Baldon RM, Nakagawa TH, Muniz TB, Amorim CF, Maciel CD, Serrão FV. Eccentric hip muscle function in females with and without patellofemoral pain syndrome. *J Athl Train.* 2009;44(5):490-96.

Baron RM, Kenny DA. The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic, and statistical considerations. *J Pers Soc Psychol.* 1986;51(6):1173-82.

Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1989; 230:1-54

Binkley JM, Stratford PW, Lott SA, Riddle DL. The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): scale development, measurement properties, and clinical application. North American Orthopaedic Rehabilitation Research Network. *Phys Ther.* 1999;79(4):371-83.

Blackburn JT, Padua DA. Sagittal-plane trunk position, landing forces, and quadriceps electromyographic activity. *J Athl Train.* 2009;44(2):174-9.

Barton CJ, Levinger P, Webster KE, Menz HB. Walking kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome: a case-control study. *Gait Posture.* 2011;33(2):286-91.

Bobbert M, van Zandwijk J. Dynamics of force and muscle stimulation in human vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(2):303-10.

Boling MC, Padua DA, Creighton RA. Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patellofemoral pain. *J Athl Train.* 2009a;44(1):7-13.

Boling MC, Padua DA, Marshall SW, Guskiewicz K, Pyne S, Beutler A. A prospective investigation of biomechanical risk factors for patellofemoral pain syndrome: the Joint Undertaking to Monitor and Prevent ACL Injury (JUMP-ACL) cohort. *Am J Sports Med.* 2009b;37(11):2108-16.

Boling MC, Padua DA, Marshall SW, Guskiewicz K, Pyne S, Beutler A. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(5):725-30.

Bolgia LA, Boling MC. An update for the conservative management of patellofemoral pain syndrome: A systematic review of the literature from 2000 to 2010. *Int J Sports Phys Ther.* 2011;6(2):112-25.

Bolgia LA, Malone TR, Umberger BR, Uhl TL. Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38(1):12-8.

Chiu JK, Wong YM, Yung PS, Ng GY. The effects of quadriceps strengthening on pain, function, and patellofemoral joint contact area in persons with patellofemoral pain. *Am J Phys Med Rehabil.* 2012;91(2):98-106.

Chumanov ES, Wall-Scheffler C, Heiderscheit BC. Gender differences in walking and running on level and inclined surfaces. *Clin Biomech.* 2008; 23(10):1260-8.

Collins NJ, Bisset LM, Crossley KM, Vicenzino B. Efficacy of nonsurgical interventions for anterior knee pain: systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Sports Med.* 2012;42(1):31-49.

Cowan SM, Crossley KM, Bennell KL. Altered hip and trunk muscle function in individuals with patellofemoral pain. *Br J Sports Med.* 2009;43(8):584-8.

Crossley KM, Bennell KL, Cowan SM, Green S. Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: which are reliable and valid? *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(5):815-22.

Crowell MS, Wofford NH. Lumbopelvic manipulation in patients with patellofemoral pain syndrome. *J Man Manip Ther.* 2012;20(3):113-20.

Delp SL, Hess WE, Hungerford DS, Jones LC. Variation of rotation moment arms with hip flexion. *J Biomech.* 1999;32(5):493-501.

Dierks TA, Manal KT, Hamill J, Davis IS. Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38(8):448-56.

Durall CJ, Greene PF, Kernozek TW. A comparison of two isometric tests of trunk flexor endurance. *J Strength Cond Res.* 2012;26(7):1939-44.

Earl JE, Hoch AZ. A proximal strengthening program improves pain, function, and biomechanics in women with patellofemoral pain syndrome. *Am J Sports Med.* 2011;39(1):154-63.

Ehara Y, Fujimoto H, Miyazaki S, Mochimaru M, Tanaka S, Yamamoto S. Comparison of the performance of 3D camera systems II. *Gait Posture.* 1997;5(3):251-5.

Ferber R, Davis IM, Williams DS. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clin Biomech.* 2003;18(4):350-7.

Figuroa PJ, Leite NJ, Barros RM. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput Meth Programs Biomed.* 2003;72(2):155-65.

Ford KR, Myer GD, Smith RL, Vianello RM, Seiwert SL, Hewett TE. A comparison of dynamic coronal plane excursion between matched male and female athletes when performing single leg landings. *Clin Biomech.* 2006;21(1):33-40.

Fukuda TY, Melo WP, Zaffalon BM, et al. Hip posterolateral musculature strengthening in sedentary women with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial with 1-year follow-up. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(10):823-30.

Fukuda TY, Rossetto FM, Magalhaes E, Bryk FF, Lucareli PR, de Almeida Aparecida Carvalho N. Short-term effects of hip abductors and lateral rotators strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(11):736-42.

Grood ES, Suntay WJ. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: Application to the knee. *J Biomech Eng.* 1983;105(2):136-44.

Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA. The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. *Am J Sports Med.* 2008;36(4):733-40.

Herrington L, Al-Sherhi A. A controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercises for patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(4):155-60.

Hewett TE. Predisposition to ACL injuries in female athletes versus male athletes. *Orthopedics.* 2008;31(1):26-8.

Hewett TE, Ford KR, Myer GD, Wanstrath K, Scheper M. Gender differences in hip adduction motion and torque during a single-leg agility maneuver. *J Orthop Res.* 2006;24(3):416-21.

Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in females athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med.* 1996;24(6):765-73.

Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.* 1997;114(2):362-70.

Hodges PW, Richardson CA. Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neurosci Lett.* 1999;265(2):91-4.

Hollman JH, Ginos BE, Kozuchowski J, Vaughn AS, Krause DA, Youdas JW. Relationships between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during single-limb step-down. *J Sports Rehabil.* 2009;18(1):104-17.

Holmbeck GN. Post-hoc probing of significant moderational and mediational effects in studies of pediatric populations. *J Pediatr Psychol.* 2002;27(1):87-96.

Holmbeck GN. Toward terminological, conceptual, and statistical clarity in the study of mediators and moderators: examples from the child-clinical and pediatric psychology literatures. *J Consult Clin Psychol.* 1997;65(4):599-610.

Huberti HH, Hayes WC. Patellofemoral contact pressures. The influence of Q-angle and tendofemoral contact. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(5):715-24.

Hurd WJ, Chmielewski TL, Axe MJ, Davis I, Snyder-Mackler L. Differences in normal and perturbed walking kinematics between male and female athletes. *Clin Biomech.* 2004;19(5):465-72.

Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(11):671-6.

Jacobs CA, Mattacola CG. Sex differences in eccentric hip-abductor strength and knee-joint kinematics when landing from a jump. *J Sport Rehabil.* 2005;14(4):346-55.

Jaeschke R, Singer J, Guyatt GH. Measurement of health status. Ascertaining the minimal clinically important difference. *Control Clin Trials.* 1989;10(4):407-15.

Kato S, Urabe Y, Kawamura K. Alignment control exercises changes lower extremity movement during stop movements in female basketball players. *Knee.* 2008;15(4):299-304.

Khayambashi K, Mohammadkhani Z, Ghaznavi K, Lyle MA, Powers CM. The effects of isolated hip abductor and external rotator muscle strengthening on pain, health status, and hip strength in females with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(1):22-9.

Kraemer HC, Wilson GT, Fairburn CG, Agras WS. Mediators and moderators of treatment effects in randomized clinical trials. *Arch Gen Psychiatry.* 2002;59(10):877-83.

Leardini A, Cappozzo A, Catani F, et al. Validation of a functional method for the estimation of hip joint centre location. *J Biomech.* 1999;32(1):99-103.

Lee TQ, Morris G, Csintalan RP. The influence of tibial and femoral rotation on patellofemoral contact area and pressure. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;33(11):686-93.

Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(6):926-34.

Lephart SM, Abt JP, Ferris CM, et al. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *Br J Sports Med.* 2005; 39(12):932-38.

Lloyd DG, Buchanan TS. Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee. *J Biomech.* 2001; 34(10):1257-67.

Lyons K, Perry J, Gronley JK, Barnes L, Antonelli D. Timing and relative intensity of hip extensor and abductor muscle action during level and stair ambulation. An EMG study. *Phys Ther.* 1983;63(10):1597-605.

MacKinnon DP, Fairchild AJ, Fritz MS. Mediation analysis. *Annu Rev Psychol.* 2007;58:593-614.

Maldelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in females athletes: 2-year follow up. *Am J Sports Med.* 2005;33(7):1003-10.

Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slauterbeck JL. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *J Orthop Res.* 1995;13(6):930-5.

Mascal CL, Landel R, Powers C. Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 case reports. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(11):647-60.

McGill SM, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(8):941-4.

Mihata LC, Beutler AI, Boden BP. Comparing the incidence of anterior cruciate ligament injury in collegiate lacrosse, soccer, and basketball players: Implications for anterior cruciate ligament mechanism and prevention. *Am J Sports Med.* 2006;34(6):899-904.

Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. A pilot study to determine the effect of trunk and hip focused neuromuscular training on hip and knee isokinetic strength. *Br J Sports Med.* 2008;42(7):614-9.

Myer GD, Ford KR, Barber Foss KD, et al. The incidence and potential pathomechanics of patellofemoral pain in female athletes. *Clin Biomech.* 2010;25(7):700-7.

Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *J Strength Cond Res.* 2006a;20(2):345-353.

Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med.* 2006b;34(6):445-55.

Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):51-60.

Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjolberg A, Olsen OE, Bahr R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med.* 2003;13(2):71-8.

Nadler SF, Malanga GA, Bartoli LA, Feinberg JH, Prybicien M, Deprince M. Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(1):9-16.

Nakagawa TH, Muniz TB, Baldon Rde M, Dias Maciel C, De Menezes Reiff RB, Serrão FV. The effect of additional strengthening of hip abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil.* 2008;22(12):1051-60.

Nakagawa TH, Moriya ET, Maciel CD, Serrao FV. Frontal plane biomechanics in males and females with and without patellofemoral pain. *Med Sci Sports Exerc.* 2012a;44(9):1747-55.

Nakagawa TH, Moriya ET, Maciel CD, Serrao FV. Trunk, pelvis, hip, and knee kinematics, hip strength, and gluteal muscle activation during a single-leg squat in males and females with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012b;42(6):491-501.

Nakagawa TH, Serrao FV, Maciel CD, Powers CM. Hip and knee kinematics are associated with pain and self-reported functional status in males and females with patellofemoral pain. *Int J Sports Med.* 2013;34(11):997-1002.

Neumann DA. Kinesiology of the hip: A focus on muscular actions. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(2):82-94.

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.* 2011;45(9):691-696.

Peters JS, Tyson NL. Proximal exercises are effective in treating patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther.* 2013;8(5):689-700.

Pollard CD, Sigward SM, Powers CM. Limited hip and knee flexion during landing is associated with increased frontal plane knee motion and moments. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2010;25(2):142-6.

Pollard CD, Sigward SM, Ota S, Langford K, Powers CM. The influence of in-season injury prevention training on lower-extremity kinematics during landing in female soccer players. *Clin J Sports Med.* 2006;16(3):223-7.

Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: A biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(2):42-51.

Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: A theoretical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(11):639-46.

Powers CM, Bolgla LA, Callaghan MJ, Collins N, Sheehan FT. Patellofemoral Pain: Proximal, Distal, and Local Factors. The 2nd International Research Retreat. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42(6):A1-A56.

Prins MR, van der Wurff P. Females with patellofemoral pain syndrome have weak hip muscles: A systematic review. *Aust J Physiother.* 2009;55(1):9-15.

Richardson C, Hodges P, Hides J. *Therapeutic Exercise for Lumbopelvic Stabilization. A Motor Control Approach for the Treatment and Prevention of Low Back Pain*. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2005. p. 185-219.

Schafer JL, Graham JW. Missing data: Our view of the state of the art. *Psychol Methods*. 2002;7(2):147-77.

Snyder KR, Earl JE, O'Connor KM, Ebersole KT. Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. *Clin Biomech*. 2009;24(1):26-34.

Souza RB, Draper CE, Fredericson M, Powers CM. Femur rotation and patellofemoral joint kinematics: a weight-bearing magnetic resonance imaging analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(5):277-85.

Souza RB, Powers CM. Predictors of hip internal rotation during running - An evaluation of hip strength and femoral structure in women with and without patellofemoral pain. *Am J Sports Med*. 2009;37(3):579-87.

Stathopulu E, Baidam E. Anterior knee pain: a long-term follow-up. *Rheumatology (Oxford)*. 2003;42(2):380-2.

Taunton 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*. 2002;36(2):95-101.

Utting MR, Davies G, Newman JH. Is anterior knee pain a predisposing factor to patellofemoral osteoarthritis? *Knee*. 2005;12(5):362-5.

Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J. Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19(1):11-9.

Willson JD, Davis IS. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2008;23(2):203-11.

Willson JD, Davis IS. Lower extremity strength and mechanics during jumping in women with patellofemoral pain. *J Sport Rehabil*. 2009;18(1):76-90.

Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(5):945-52.

Willy RW, Davis IS. The effect of a hip-strengthening program on mechanics during running and during a single-leg squat. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41(9):625-32.

Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons; 2005. p. 49-50.

Witvrouw E, Danneels L, Van Tiggelen D, Willems TM, Cambier D. Open versus closed kinetic chain exercises in patellofemoral pain: a 5-year prospective randomized study. *Am J Sports Med*. 2004;32(5):1122-30.

Witvrouw E, Lysens R, Bellemans J, Cambier D, Vanderstraeten G. Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population. A two-year prospective study. *Am J Sports Med.* 2000;28(4):480-9.

Wu G, Cavanagh PR. ISB recommendations for standardization in the reporting of kinematic data. *J Biomech*, 1995;28(10):1257-61.

Zeller BL, McCrory JL, Kibler B, Uhl TL. Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. *Am J Sports Med.* 2003;31(3):449-56.

# APÊNDICES

# APÊNDICE I



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**  
Via Washington Luiz, Km 235 - C.P.676 - 13565-905 -  
São Carlos/SP - Brasil  
TEL: (16) 3351-8754 FAX: (16) 3361-2081

E-mail: [fserrao@power.ufscar.br](mailto:fserrao@power.ufscar.br)

## Ficha de Avaliação Física

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

- Nome: \_\_\_\_\_
- Data de nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_m
- Atividade física: ( ) N ( ) S Modalidade: \_\_\_\_\_ Frequência: \_\_\_\_\_
- Dominância: ( ) D ( ) E
- Faz uso de algum medicamento? ( ) N ( ) S Qual? \_\_\_\_\_
- História de lesão ou trauma na articulação do joelho? ( ) N ( ) S.

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

- Presença de dor na articulação do joelho ou em alguma parte do corpo?  
( ) N ( ) S Local: \_\_\_\_\_
- Dor Femoropatelar: ( ) Bilateral ( ) Unilateral ( ) D ( ) E
- H.P./H.M.A.:

---

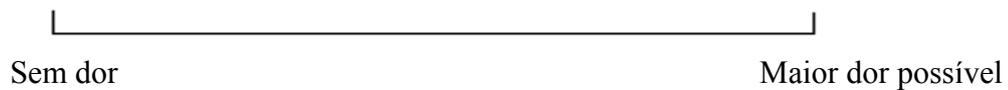
---

---

- Presença de dor em atividades funcionais: (Cowan et al., 2002)

- Agachamento por tempo prolongado
- Permanecer muito tempo sentado
- Subir ou descer escadas
- Contração isométrica do quadríceps
- Ajoelhar-se
- Praticar esporte
- Correr

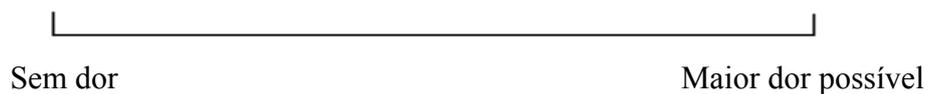
- Pior Dor Femoropatelar na última semana:



- Dor Femoropatelar usual na última semana:



- Dor Femoropatelar no dia de hoje:



- Dor Femoropatelar durante a posição sentada por tempo prolongado:





**Pontuação:**

0 – 1 ponto (Bom): ( )

2 – 3 pontos (Médio): ( )

4 ou mais (Pobre): ( )

- Avaliação postural

- Vista anterior

- Vista posterior

- Vista lateral

**DECÚBITO DORSAL:**

Medida de Comprimento dos Membros Inferiores

	Membro Inferior Direito	Membro Inferior Esquerdo
Medida real (cm)		

**JOELHO:**

- Testes especiais:

	Joelho Direito	Joelho Esquerdo
Ângulo Q		
Gaveta anterior		
Gaveta posterior		
Lachman		

- Patela:

	Patela Direita	Patela Esquerda
Mobilidade	( ) normal ( ) hipermóvel ( ) hipomóvel	( ) normal ( ) hipermóvel ( ) hipomóvel
Alinhamento	( ) medializada ou lateralizada	( ) medializada ou lateralizada
Palpação das facetas/bordas	( ) medial ( ) lateral ( ) superior ( ) inferior	( ) medial ( ) lateral ( ) superior ( ) inferior
Palpação do lig. PFM		
Palpação da Pata de Ganso		
Palpação do Tendão Patelar		
Palpação da BIT		
Flexibilidade do retináculo lateral	( ) normal ( ) encurtado	( ) normal ( ) encurtado
Apreensão		
Compressão (Clarck)		
Presença de derrame		
Crepitação		

#### QUADRIL:

- Testes especiais:

	Quadril Direito	Quadril Esquerdo
FABER		
Impacto posterior		
Impacto anterior		

- Prova de retração muscular

	Membro Inferior Direito	Membro Inferior Esquerdo
Isquiotibiais		
Prova de Thomas	( ) reto femoral ( ) ileopsoas	( ) reto femoral ( ) ileopsoas

#### **DECÚBITO VENTRAL:**

- Marcação do ângulo do retropé
- Teste de Appley: ( ) D ( ) E
- Teste de Craig: Direito: \_\_\_\_\_ Esquerdo: \_\_\_\_\_
- Rotação medial do quadril: Direito: \_\_\_\_\_ Esquerdo: \_\_\_\_\_

**SENTADO:**

	Membro Inferior Direito	Membro Inferior Esquerdo
Stress valgo		
Stress varo		

**DECÚBITO LATERAL:**

- Prova de retração muscular:

	Membro Inferior Direito	Membro inferior esquerdo
Prova de Ober		

**PÉ:**

	Membro Inferior Direito	Membro inferior esquerdo
Flexibilidade dos flexores plantares do tornozelo		
Ângulo do retropé		
Índice de Postura do Pé (FPI-6)		
<i>Navicular "drop test"</i>		

# APÊNDICE II



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA  
Via Washington Luiz, Km 235 - C.P.676 - 13565-905 -  
São Carlos/SP - Brasil  
TEL: (16) 3351-8754 FAX: (16) 3361-2081

E-mail: [fserrao@power.ufscar.br](mailto:fserrao@power.ufscar.br)

## Escala Funcional para o Membro Inferior - LEFS

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Pontuação: \_\_\_\_\_ / 80

Nós estamos interessados em saber se você está tendo dificuldade para realizar as atividades listadas abaixo devido ao problema no seu membro inferior pelo qual você está procurando tratamento. Por favor, providencie uma resposta para cada item.

Hoje, você tem ou teria alguma dificuldade para realizar essas atividades:

Atividades	Extrema dificuldade ou impossível de ser realizado	Muita dificuldade	Dificuldade moderada	Um pouco de dificuldade	Sem dificuldade
a. Qualquer atividade no trabalho, em casa ou na escola	0	1	2	3	4
b. Durante atividades recreacionais, esportivas e <i>hobbies</i>	0	1	2	3	4
c. Entrar ou sair de uma banheira	0	1	2	3	4
d. Andar dentro de casa	0	1	2	3	4
e. Colocar sapatos e meias	0	1	2	3	4

f. Agachar	0	1	2	3	4
g. Levantar um objeto do solo, como uma caixa	0	1	2	3	4
h. Realizar atividades leves em sua casa	0	1	2	3	4
i. Realizar atividades pesadas em sua casa	0	1	2	3	4
j. Entrar ou sair do carro	0	1	2	3	4
k. Andar 2 quarteirões	0	1	2	3	4
l. Andar 1.600 metros	0	1	2	3	4
m. Subir e descer 10 degraus de escada	0	1	2	3	4
n. Ficar em pé por 1 hora	0	1	2	3	4
o. Ficar sentado por 1 hora	0	1	2	3	4
p. Correr em solo plano	0	1	2	3	4
q. Correr em declive	0	1	2	3	4
r. Mudar de direção bruscamente durante uma corrida rápida	0	1	2	3	4
s. Saltar	0	1	2	3	4
t. Rolar na cama	0	1	2	3	4

---

# **ANEXOS**

# ANEXO I



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**  
Via Washington Luiz, Km 235 - C.P.676 - 13565-905 -  
São Carlos/SP - Brasil  
TEL: (16) 3351-8754 FAX: (16) 3361-2081

E-mail: [fserrao@ufscar.br](mailto:fserrao@ufscar.br)

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nome do projeto: **Comparação do efeito do treino pliométrico com o de fortalecimento/estabilização lombo-pélvica sobre a cinemática e cinética do membro inferior em mulheres saudáveis**

### Responsáveis:

Ft. Rodrigo de Marche Baldon – Mestrando do curso de Fisioterapia – UFSCar

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão – Departamento de Fisioterapia - UFSCar

Ms. Daniel Ferreira Moreira Lobato – Departamento de Fisioterapia

Lívia Pinheiro Carvalho – Aluna de graduação do curso de Fisioterapia - UFSCar

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

a) Os objetivos desse estudo são: a - Verificar o efeito do treinamento com ênfase no fortalecimento dos músculos do quadril/estabilização lombo-pélvica e do treino pliométrico, sobre as variáveis isocinéticas e cinemáticas do membro inferior; b - Verificar qual forma de treinamento possui maior efeito sobre as variáveis isocinéticas e cinemáticas do membro inferior; c – Comparar, entre os gêneros, as variáveis isocinéticas e cinemáticas do quadril e joelho, antes da intervenção realizada nos grupos de mulheres; d - Verificar a relação existente entre as variáveis isocinéticas do quadril e joelho com as variáveis cinemáticas do quadril e do joelho durante a realização de atividades funcionais em ambos os gêneros.

b) Inicialmente serei submetido(a) a uma avaliação física segundo a ficha de avaliação específica desse trabalho, para minha inclusão ou não na amostra.

c) Se selecionado(a), serei submetido(a) a uma avaliação cinemática do membro inferior durante o agachamento unipodal e a descida anterior de degraus e, posteriormente, a uma avaliação do torque isocinético excêntrico máximo abductor/adutor, rotador lateral/medial do quadril e extensor/flexor do joelho, através do Dinamômetro Isocinético *BIODEX*, modelo *Biodex Multi-joint System 2 da BIODEX MEDICAL SYSTEM Inc.* (New York), alocado na Unidade Saúde Escola (USE)-UFSCar.

d) Em seguida, sendo do gênero feminino, serei submetida a um programa de treinamento pliométrico ou de fortalecimento dos músculos do quadril durante 8 semanas, o qual será determinado aleatoriamente por sorteio e, ao término desse período, serei novamente submetida a uma nova avaliação conforme consta no item c.

e) Sei que a coleta dos dados realizada fornecerá maiores informações sobre a função dos músculos do quadril e a possível relação existente entre os mesmos e a cinemática do membro inferior, assim como, do papel dos diferentes componentes do treino neuromuscular sobre as variáveis de risco de lesões do joelho.

f) Sei que os resultados dos testes serão disponibilizados para mim ao final do estudo.

g) Os dados obtidos neste trabalho serão mantidos em sigilo e não poderão ser consultados por outras pessoas sem a minha autorização por escrito. No entanto, poderão ser utilizados para fins científicos, desde que resguardada a minha privacidade.

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

i) Estou ciente de que minha participação no presente estudo não envolve qualquer tipo de risco, sob qualquer condição. Mesmo assim, no caso de ocorrerem riscos não previstos e, caso seja necessário, os próprios pesquisadores se responsabilizam pelas condutas de primeiros socorros, bem como qualquer tipo de avaliação fisioterapêutica como resultado de dano físico.

j) Estou ciente que minha participação nesse estudo é estritamente voluntária. Não receberei qualquer forma de remuneração pela minha participação no experimento, no entanto serei incluído(a) nos agradecimentos, quando da publicação futura desse trabalho. Além disso, como benefício direto, serei avaliado(a) quanto ao desempenho funcional dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril e músculos extensores e flexores do joelho, assim como, quanto ao padrão de movimento do membro inferior durante a realização do agachamento unipodal e a descida anterior de degraus. Além disso, as mulheres serão submetidas a um treino preventivo de lesões do joelho durante 8 semanas, composto por alongamentos, exercícios de fortalecimento/estabilização lombo-pélvica e atividades pliométricas, sendo que os resultados dos testes serão disponibilizados para todos os participantes ao final do presente estudo.

l) Os resultados obtidos a partir dele serão propriedades exclusivas dos pesquisadores, podendo ser divulgados de qualquer forma, a critério dos mesmos.

m) A minha recusa em participar do procedimento não me trará qualquer prejuízo, estando livre para abandonar o experimento a qualquer momento.

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

São Carlos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008.

**Responsáveis:**

---

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

---

Livia Pinheiro Carvalho  
Aluna de graduação em Fisioterapia

---

Assinatura do Voluntário (a)

---

Ft. Rodrigo de Marche Baldon  
Mestrando em Fisioterapia

---

Ms. Daniel Ferreira Moreira Lobato  
Colaborador do Projeto

# ANEXO II



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA  
Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos  
Via Washington Luís, km. 235 - Caixa Postal 676  
Fones: (016) 3351.8109 / 3351.8110  
Fax: (016) 3361.3176  
CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil  
[proppg@power.ufscar.br](mailto:proppg@power.ufscar.br) - <http://www.proppg.ufscar.br/>

## CAAE 0060.0.135.000-08

**Título do Projeto:** Comparação do efeito do treino pliométrico com o de fortalecimento/estabilização lombo-pélvica sobre a cinemática e cinética do membro inferior em mulheres saudáveis.

**Classificação:** Grupo III

**Pesquisadores (as):** Rodrigo de Marche Baldon, Prof. Fábio Viadanna Serrão (orientador), Lívia Pinheiro Carvalho (orientanda), Daniel Ferreira Moreira Lobato (colaborador)

## Parecer Nº. 359/2008

### 1. Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ e ao término do estudo.

### 2. Avaliação do projeto

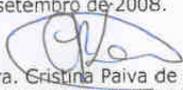
O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

A proposta de estudo apresentada atende às exigências éticas e científicas fundamentais previstas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

### 3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 8 de setembro de 2008.

  
Prof. Dra. Cristina Paiva de Sousa  
Coordenadora do CEP/UFSCar

## ANEXO III



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

Via Washington Luiz, Km 235 - C.P.676 - 13565-905 -  
São Carlos/SP - Brasil

TEL: (16) 3351-8754 FAX: (16) 3361-2081

*E-mail:* [fserrao@ufscar.br](mailto:fserrao@ufscar.br)

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

1) Você está sendo convidada para participar da pesquisa “Efeito do treinamento de estabilização lombo-pélvica em mulheres com Síndrome da Dor Femoropatelar”

2) Os objetivos desse estudo são verificar o efeito do treinamento de estabilização lombo-pélvica, em curto e longo prazo, em mulheres com Síndrome da Dor Femoropatelar (SDFP) sobre:

a) A intensidade da dor e limitação funcional; b) A cinemática do tronco e membro inferior acometido durante a execução do agachamento unipodal e descida anterior de degrau; c) A amplitude do sinal eletromiográfico de músculos do tronco, quadril e coxa durante a execução do agachamento unipodal e descida anterior de degrau; d) O pico de torque isocinético excêntrico do quadril e joelho; e) A força isométrica máxima dos músculos flexores laterais do tronco.

3) Inicialmente, caso você concorde em participar desse estudo, uma avaliação física, segundo a ficha de avaliação específica desse trabalho, será realizada para sua inclusão (ou não) no presente estudo. Caso selecionada você realizará um sorteio para determinar em qual grupo experimental (Grupo Controle ou Grupo Tratamento) será alocada. Independente do grupo, você será submetida as seguintes avaliações: a) Intensidade da dor e da limitação funcional; b) Avaliação cinemática (movimento) do membro inferior e tronco durante o agachamento unipodal e descida anterior de degraus, simultaneamente a uma avaliação eletromiográfica (atividade elétrica dos músculos) dos músculos eretor da espinha (porção iliocostal), oblíquo externo, glúteo médio, glúteo máximo, vasto medial e vasto lateral; c) Avaliação isocinética (força) excêntrica dos músculos rotadores laterais e mediais do quadril, flexores e extensores do quadril, adutores e abdutores do quadril, extensores e flexores do joelho; d) Avaliação da força isométrica dos músculos flexores laterais do tronco.

4) Fazendo parte do Grupo Tratamento (GT), iniciará imediatamente o tratamento de Estabilização lombo-pélvica com duração de 8 semanas e frequência semanal de 3 vezes, sendo submetida a uma segunda avaliação após esse período. Para verificar o efeito em longo prazo da intervenção, você será submetida a uma terceira avaliação após 12 semanas do término da intervenção. Fazendo parte do Grupo Controle (GC) será instruída a não mudar o nível de atividade física e a retornar ao laboratório para uma segunda avaliação após 8 semanas. Nesse instante, o mesmo tratamento realizado nas voluntárias do GT será oferecido a você.

5) Os resultados desse estudo fornecerão maiores informações sobre a importância do treinamento de Estabilização lombo-pélvica no tratamento de sujeitos com SDFP, otimizando os protocolos de intervenção dessa comum lesão do joelho.

6) Os resultados de todas as avaliações realizadas serão disponibilizados e esclarecidos para você, ao final de sua participação neste estudo.

7) Os dados deste estudo são considerados propriedade exclusiva dos pesquisadores envolvidos no mesmo. Tais dados serão mantidos em sigilo absoluto. No entanto, poderão ser utilizados para fins científicos, a critério dos pesquisadores envolvidos.

8) Sua identidade será preservada (em anonimato) em toda e qualquer situação que envolva discussão, apresentação ou publicação dos resultados desta pesquisa.

9) Sua participação no presente estudo envolve riscos biológicos, psicológicos ou sociais mínimos. Embora exista a possibilidade de ocorrência de dor muscular (imediate ou tardia) de baixa intensidade, a mesma prevê condições de ser bem suportada por você, pois se assemelha àquela decorrente de qualquer prática inicial de exercícios específicos de força e resistência muscular, até a ocorrência de mecanismos adaptativos aos mesmos. Ainda, durante as avaliações isocinéticas poderá haver a reprodução dos seus sintomas. Caso isso ocorra, todas as medidas fisioterapêuticas disponíveis serão adotadas para a minimização dos sintomas. Você participará das avaliações e treinamento de acordo com os seus limites físicos, tendo respeitada pelos pesquisadores a sua percepção de esforço.

10) Não haverá qualquer tipo de comparação direta ou indireta, na sua presença, de seu desempenho com o de outras voluntárias do estudo. Além disso, as avaliações serão realizadas em

locais reservados, sem observadores externos ao Projeto, para garantir maior privacidade a você. Por fim, sua participação neste estudo obedecerá rigorosamente a sua disponibilidade de horários livres para tanto. Em nenhuma hipótese será solicitado que você abra mão de algum compromisso ou atividade social para a sua participação no mesmo.

11) Os pesquisadores zelarão pela organização do ambiente onde as avaliações e sessões de tratamento serão realizadas, a fim de diminuir qualquer possibilidade de acidentes no local. Ainda assim, no caso de ocorrer riscos não previstos e, caso seja necessário, os próprios pesquisadores se responsabilizam pelas condutas de primeiros socorros, bem como por qualquer tipo de avaliação e/ou tratamento fisioterapêutico como resultado de dano físico, tão logo haja a manifestação desses sinais. Se constatados danos de maior gravidade, os pesquisadores se responsabilizam em acompanhá-la a um ortopedista, para a realização do tratamento adequado.

12) Sua participação nesse estudo é estritamente voluntária. Sua recusa em participar de qualquer etapa do mesmo não trará qualquer prejuízo a você, estando livre para abandonar o experimento a qualquer momento em que julgar necessário. Se houver qualquer questionamento neste momento ou futuramente, por favor, pergunte-nos.

13) Você receberá uma cópia desse termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

---

Fábio Viadanna Serrão

---

Rodrigo de Marche Baldon

Rod. Washington Luís, km 235 – CEP: 13565-905 - Tel. (16) 3351-8754 – Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia - LAIOT  
E-mail: fserrao@ufscar.br

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da minha participação na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de pesquisa da Universidade

Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 – Caixa Postal 676 – CEP 13.565-905 – São Carlos – SP – Brasil. Fone (16)3351-8028.  
Endereço eletrônico: [cephumanos@power.ufscar.br](mailto:cephumanos@power.ufscar.br)

São Carlos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010.

---

Assinatura da voluntária

# ANEXO IV

25/3/2014

SISNEP - Sistema Nacional de Ética em Pesquisa

 Andamento do projeto - CAAE - 0137.0.135.000-10 

**Título do Projeto de Pesquisa**  
Efeito do treinamento de estabilização lombo-pélvica em mulheres com Síndrome da Dor Femoropatelar.

Situação	Data Inicial no CEP	Data Final no CEP	Data Inicial na CONEP	Data Final na CONEP
Aprovado no CEP	15/09/2010 09:05:51	14/01/2011 10:48:22		

Descrição	Data	Documento	Nº do Doc	Origem
1 - Envio da Folha de Rosto pela Internet	08/09/2010 13:16:12	Folha de Rosto	FR369894	Pesquisador
2 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List)	15/09/2010 09:05:51	Folha de Rosto	0137.0.135.000-10	CEP
3 - Protocolo Aprovado no CEP	14/01/2011 10:48:22	Folha de Rosto	033/2011	CEP

