



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

**FUNÇÃO EXCÊNTRICA DOS MÚSCULOS ABDUTORES E  
ROTADORES LATERAIS DO QUADRIL NO CONTROLE  
DOS MOVIMENTOS DO MEMBRO INFERIOR E NO  
RENDIMENTO FUNCIONAL**

RODRIGO DE MARCHE BALDON

SÃO CARLOS

2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

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

**FUNÇÃO EXCÊNTRICA DOS MÚSCULOS ABDUTORES E  
ROTADORES LATERAIS DO QUADRIL NO CONTROLE  
DOS MOVIMENTOS DO MEMBRO INFERIOR E NO  
RENDIMENTO FUNCIONAL**

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

Discente: Rodrigo de Marche Baldon

Orientador: Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão

SÃO CARLOS

2010

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

B178fe

Baldon, Rodrigo de Marche.

Função excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril no controle dos movimentos do membro inferior e no rendimento funcional / Rodrigo de Marche Baldon. -- São Carlos : UFSCar, 2010.  
148 f.

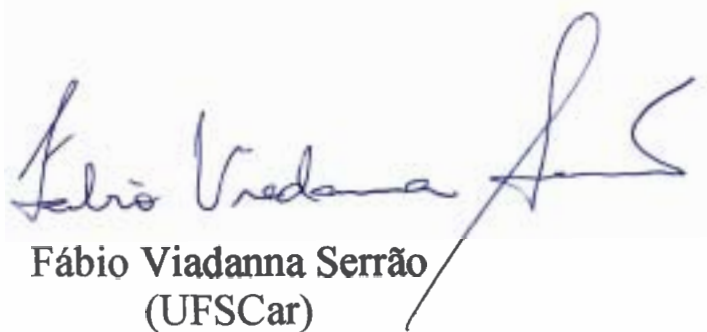
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

1. Funções motoras. 2. Joelhos. 3. Quadril. 4. Lesões - prevenção e tratamento. 5. Diferença entre gêneros. 6. Fisioterapia. I. Título.


CDD: 612.7 (20<sup>a</sup>)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RODRIGO DE MARCHE BALDON, APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DESTA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, AOS 09 DE ABRIL DE 2010.

BANCA EXAMINADORA:



Fábio Viadanna Serrão  
(UFSCar)



Ana Beatriz de Oliveira  
(UFSCar)



Rubens Corrêa Araújo  
(USJT)

*Dedico esta dissertação com amor...*

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

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

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

## **AGRADECIMENTOS**

*Durante a realização do Mestrado constatei que ninguém nessa vida consegue alcançar seus sonhos 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. Sou extremamente grato pelos inúmeros ensinamentos, profissionais e pessoais, aprendidos.*

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

*Á **Prof<sup>a</sup>. Dr. Ana Beatriz Oliveira**, por realizar correções pertinentes na qualificação e por aceitar prontamente o convite em participar da Banca Examinadora. Além disso, muito obrigado pela disponibilidade em sempre me atender quando precisava.*

*Ao **Prof. Dr. Rubens Corrêa Araújo**, por contribuir significativamente com o aprimoramento da dissertação através das correções pertinentes realizadas na qualificação e por aceitar prontamente o convite em participar da Banca Examinadora. Ainda, gostaria de agradecer pelos ensinamentos proferidos sobre **Terapia Manual e Biomecânica**.*

*Ao **Prof. Dr. Rinaldo Roberto de Jesus Guirro**, pela prontidão em aceitar o convite e pelas considerações pertinentes realizadas no material da qualificação.*

*Ao aluno de Doutorado **Daniel Ferreira Moreira Lobato**, companheiro incondicional desde a minha entrada no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia – LAIOT, até a elaboração e conclusão dessa dissertação. Com você aprendi o verdadeiro sentido das palavras dignidade e honestidade. Muito obrigado e sucesso sempre para você!*

*Às fisioterapeutas **Lívia Pinheiro Carvalho** e **Paloma Yan Lam Wun**, alunas de Iniciação Científica que foram essenciais no processo de aquisição e processamento dos dados. Embora tenhamos passados por momentos difíceis, juntos compartilhamos de muita alegria durante o trabalho, tornando-o mais prazeroso. Muito obrigado por tudo!*

*Ao **Prof. Dr. Benedito Galvão Benze** e a **Prof<sup>a</sup>. Ms. Cátia Valéria Presotti**, pela paciência e suporte prestado na realização do tratamento estatístico dos dados. Vocês foram essenciais. Muito obrigado!*

*À aluna de Doutorado **Theresa Helissa Nakagawa** e ao aluno de Mestrado **Thiago Batista Muniz**, por estarem comigo no início da minha jornada acadêmica e por me incentivarem a continuar trilhando meus objetivos. Juntos fomos e, ainda somos, uma excelente equipe!*

*Aos meus queridos amigos de Santa Bárbara d'Oeste, **Xexa, Evair, Flavião, Jader, Tom e Zé**. Embora passamos a maior parte do tempo distante, 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.*

*A todos **os voluntários**, pela paciência e disponibilidade em participar desse estudo. Admiro todos vocês pela responsabilidade e comprometimento durante o estudo. Sem vocês, nada teria sido possível. Muito obrigado.*



*Ao amigo e 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!*

*Aos companheiros de trabalho do Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT), **Rodrigo, Ana Flávia, André, Natália, Andréa e Kil**, pela troca de experiências e pelas muitas risadas que proporcionaram um ambiente mais agradável para a realização do estudo.*

*À minha namorada **Vanessa**, por estar sempre ao meu lado, com o seu amor e carinho, tornando meus dias mais alegres. Muitas vezes me abalei, mas você sempre esteve apta para me ajudar e, por esse e outros motivos, tenho absoluta certeza do meu amor por você. 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!*

## LISTA DE TABELAS

---

	Página
<b>ESTUDO I:</b>	
<b>Tabela 1.</b> Características demográficas (Média ± DP).	18
<b>Tabela 2:</b> Dados descritivos e comparação entre os gêneros das variáveis cinemáticas e isocinéticas (Média ± DP).	28
<b>Tabela 3:</b> Coeficientes de correlação (r) entre o PTIEM abdutor do quadril normalizado pela massa corporal ( $N \cdot m \cdot Kg^{-1}$ ) e as excursões de movimento da pelve, fêmur e joelho, expressos em graus ( $^{\circ}$ ), durante a realização do agachamento unipodal.	29
<b>Tabela 4:</b> Coeficientes de correlação (r) entre o PTIEM rotador lateral do quadril normalizado pela massa corporal ( $N \cdot m \cdot Kg^{-1}$ ) e as excursões de movimento da pelve, fêmur e joelho, expressos em graus ( $^{\circ}$ ), durante a realização do agachamento unipodal.	30
<b>ESTUDO II:</b>	
<b>Tabela 1 -</b> Características demográficas das voluntárias.	46
<b>Tabela 2 -</b> Distância do salto triplo (cm) normalizado pela altura (cm), tempo do salto unipodal de 6 metros (centésimo de segundo), pico de torque isocinético excêntrico máximo (PTIEM) abdutor, adutor, rotador medial e lateral do quadril e extensor e flexor do joelho normalizado pela massa corporal (Nm/kg).	51
<b>Tabela 3 -</b> Coeficientes de correlação de Pearson para a distância do salto triplo unipodal (cm) normalizado pela altura corporal (cm) (STUD) e o tempo de execução do salto unipodal de 6 metros (centésimos de segundo) (SUC) com o pico de torque isocinético excêntrico máximo (PTIEM) abdutor, adutor, rotador lateral e medial do quadril e extensor e flexor do joelho normalizado pela massa corporal (Nm/Kg).	52
<b>Tabela 4 -</b> Resultado da análise de regressão das variáveis independentes estimando a distância do salto triplo unipodal pela altura corporal.	54
<b>Tabela 5 -</b> Resultado da análise de regressão das variáveis independentes estimando o tempo de execução do salto unipodal de 6 metros.	55

## LISTA DE FIGURAS

---

	Página
<b>ESTUDO I:</b>	
<b>Figura 1</b> – Locais de fixação dos marcadores vistos pelas câmeras 1(A), câmera 2(B), câmera 3(C) e câmera 4(D).	19
<b>Figura 2</b> – Objeto utilizado para a calibração das câmeras e para definir o sistema de referência global.	20
<b>Figura 3</b> – Posicionamento do sujeito para a avaliação do torque excêntrico abdutor e adutor do quadril.	22
<b>Figura 4</b> – Posicionamento do sujeito para a avaliação do torque excêntrico rotador lateral e medial do quadril.	23

# SUMÁRIO

---

	Página
<b>CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	1
<b>TEMA DE INTERESSE</b>	8
<b>HISTÓRICO DA COMPOSIÇÃO DA DISSERTAÇÃO</b>	9
<b>ESTUDO I:</b>	11
Resumo	12
Introdução	14
Métodos	18
Resultados	28
Discussão	31
Conclusão	38
<b>ESTUDO II:</b>	39
Resumo	40
Introdução	42
Métodos	45
Resultados	51
Discussão	56
Conclusão	64
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	65
<b>ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O PERÍODO DO MESTRADO</b>	67
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	69
<b>APÊNDICES</b>	81



## CONTEXTUALIZAÇÃO

---

A maioria das lesões observadas no cenário esportivo acomete a articulação do joelho, sendo que as mulheres apresentam maior incidência para muitas dessas lesões (TAUTON *et al.*, 2002). Dentre elas, a incidência de Síndrome da dor femoropatelar (SDFP) nas mulheres tem sido relatada ser 2,2 vezes maior do que nos homens (BOLING *et al.*, 2009). Assim, com o intuito de reduzir o número de lesões e evitar os transtornos oriundos das mesmas nas mulheres, muitas pesquisas têm sido realizadas para determinar os fatores responsáveis por essa disparidade de lesões entre os gêneros (MALINZAK *et al.*, 2001; ZELLER *et al.*, 2003; FORD *et al.*, 2005; KERNOZEK *et al.*, 2005; FORD *et al.*, 2006; RUSSELL *et al.*, 2006; JACOBS *et al.*, 2007).

Os fatores predisponentes para o desenvolvimento da SDFP têm sido divididos em três grupos principais: anatômicos, hormonais e biomecânicos (COWAN & CROSSLEY, 2007). Atualmente, a ênfase principal dos estudos concerne às diferenças biomecânicas existentes entre os gêneros, ou seja, aos diferentes padrões de ativação muscular e de movimento adotados durante um gesto motor. Tais aspectos são enfatizados por serem passíveis de intervenção fisioterapêutica, ao contrário das características anatômicas e das variações hormonais (ZAZULAK *et al.*, 2005). Além disso, como a origem da dor na SDFP é atraumática, supõe-se que existam diferenças entre os gêneros nos movimentos realizados cotidianamente e na prática esportiva, favorecendo o elevado acometimento nas mulheres (FERBER *et al.*, 2003).

Muitos trabalhos têm demonstrado diferenças nos padrões de movimento entre os gêneros durante a realização de diversas atividades (MALINZAK *et al.*, 2001;

KERNOZEK *et al.*, 2005; ZAZULAK, *et al.*, 2005; RUSSEL, *et al.*, 2006). Ford *et al.* (2003), ao avaliarem jogadores de basquetebol, demonstraram que as mulheres apresentavam maior excursão e máximo ângulo em valgo do joelho na aterrissagem bipodal de uma plataforma elevada. Similarmente, Russell *et al.* (2006) verificaram que as mulheres, durante a aterrissagem unipodal, possuíam maior ângulo em valgo do joelho no contato inicial com o solo.

O movimento em valgo do joelho observado nesses estudos (FORD *et al.*, 2003; RUSSELL *et al.*, 2006) o qual ocorre durante a realização de atividades funcionais é denominado valgo dinâmico, sendo definido como o movimento da região distal da tíbia para longe da linha sagital mediana do corpo, enquanto a região distal do fêmur está mais próxima da linha sagital mediana (HEWETT *et al.*, 2005). Por definição, o valgo dinâmico é composto pela abdução e rotação lateral do joelho e adução e rotação medial do quadril (ZAZULAK *et al.*, 2005).

Atualmente, tem sido hipotetizado que os maiores ângulos em valgo dinâmico do joelho observado nas mulheres poderia predispor as mesmas à SDFP em decorrência do aumento do ângulo do quadríceps (ângulo Q) (POWERS, 2003). Classicamente, o ângulo Q tem sido estudado nas disfunções femoropatelares devido à sua importância na geração de estresse nessa articulação. O ângulo Q, formado pela interação resultante não colinear de duas forças primárias que agem sobre a patela no plano frontal - o vetor de força do quadríceps ( $F_Q$ ) e o vetor de força do tendão patelar - possui sua resultante de força dirigida lateralmente, podendo ser influenciada diretamente por qualquer mudança que ocorra na obliquidade desses dois vetores. Assim, uma maior obliquidade de  $F_Q$  ocasionada, por exemplo, pela adução do fêmur, aumentaria a resultante lateral sobre a patela. Tal situação ocasionaria compressão excessiva da faceta lateral da patela sobre a proeminência lateral da

tróclea do fêmur (quando o joelho está em extensão) ou no aspecto lateral da fossa intercondilar do fêmur (quando o joelho está em flexão) (FULKERSON, 2002), predispondo à SDFP.

Como a adução e rotação medial do fêmur são componentes do valgo dinâmico do joelho, e partindo do pressuposto que esses movimentos aumentam o ângulo Q e, conseqüentemente, o estresse femoropatelar, estudos tem comparado tais movimentos entre os gêneros. Pesquisas encontraram maiores ângulos de adução e rotação medial do quadril durante a marcha (HURD *et al.*, 2004) e corrida (FERBER *et al.*, 2003; CHUMANOV *et al.*, 2008), assim como de adução do quadril durante o agachamento unipodal (ZELLER *et al.*, 2003) e aterrissagem de um salto (HEWETT *et al.*, 2006) em mulheres, sugerindo um possível déficit dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril para controlar tais movimentos (POWERS, 2003). Acredita-se que a fraqueza desses músculos resultaria, respectivamente, em uma excessiva adução e rotação medial do quadril durante a fase de suporte de atividades funcionais. Por sua vez, esse alinhamento aumentaria o valgo dinâmico do joelho e alteraria a trajetória patelar, predispondo as mulheres a SDFP (IRELAND *et al.* 2003).

A relação entre força muscular e a cinemática dos membros inferiores não está completamente esclarecida e, por este motivo, tem sido amplamente estudada por diversos autores (DIMATTIA *et al.*, 2005; JACOBS & MATTACOLA, 2005; CLAIBORNE *et al.*, 2006; WILLSON *et al.*, 2006; JACOBS *et al.*, 2007; THIJS *et al.*, 2007; WALLACE *et al.*, 2008; HOLLMAN *et al.*, 2009). Claiborne *et al.* (2006) e Willson *et al.* (2006) encontraram apenas fracas correlações entre a força abduutora do quadril com a abdução do joelho durante o agachamento unipodal em uma amostra composta por ambos os gêneros. Thijs *et al.* (2007), em uma amostra composta principalmente por homens, não verificaram



correlação entre a força abduutora e rotadora lateral do quadril com a excursão em abdução do joelho durante o avanço anterior. DiMattia *et al.* (2005) e Hollman *et al.* (2009) não verificaram correlação entre a força abduutora do quadril com os movimentos em adução dessa articulação durante o agachamento unipodal e a descida anterior de um *step*, respectivamente. Wallace *et al.* (2008) relataram moderada correlação entre a força abduutora do quadril com a abdução do joelho em mulheres durante a aterrissagem de uma plataforma elevada, enquanto não observaram esses resultados nos homens. Similarmente, Jacobs *et al.* (2007) relataram maiores valores de correlação entre a força abduutora do quadril com as excursões em adução dessa articulação e abdução do joelho durante a aterrissagem de um salto horizontal nas mulheres, quando comparadas aos homens.

Uma possível explicação para a divergência desses resultados refere-se à forma pela qual a força muscular foi analisada nesses estudos. Embora os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril contraem-se excêntrica para desacelerar os movimentos de adução e rotação medial do fêmur durante atividades em cadeia cinética fechada (Ferber *et al.*, 2003), a maioria dos estudos realizou uma avaliação isométrica dessa musculatura (DIMATTIA *et al.*, 2005; WILLSON *et al.*, 2006; JACOBS *et al.*, 2007; THUIS *et al.*, 2007; WALLACE *et al.*, 2008). Foram encontrados dois estudos que avaliaram a influência da ação excêntrica dos músculos abdutores do quadril sobre a cinemática do membro inferior (JACOBS & MATTACOLA, 2005; CLAIBORNE *et al.*, 2006), sendo que apenas um verificou a função excêntrica dos músculos rotadores laterais do quadril (CLAIBORNE *et al.*, 2006). Jacobs & Mattacola (2005) observaram moderada correlação entre o torque excêntrico abductor do quadril com a excursão angular em abdução do joelho durante a aterrissagem de um salto, porém, não encontraram correlações com os movimentos do quadril. Claiborne *et al.* (2006) observaram apenas fracas correlações entre o torque

excêntrico abdutor e rotador lateral do quadril com os movimentos do joelho no plano coronal durante o agachamento unipodal. Assim, os estudos verificando a relação da ação excêntrica dos músculos do quadril com a cinemática do membro inferior durante atividades funcionais ainda são escassos e controversos.

Ainda, tem sido demonstrado que as mulheres possuem maior requisição da musculatura abduutora do quadril durante a realização de atividades funcionais. Ferber *et al.* (2003) verificaram que as mulheres apresentaram maior trabalho negativo no plano frontal do quadril quando comparadas aos homens, associado a maiores ângulos e velocidade em adução do quadril. Em conjunto, tais dados revelam que maior demanda excêntrica é imposta na musculatura abduutora do quadril nas mulheres durante a fase de suporte de atividades funcionais, justificando os maiores valores de correlação entre o torque abdutor do quadril com os movimentos do joelho no plano coronal observados nas mesmas (JACOBS & MATTACOLA, 2005; JACOBS *et al.*, 2007; WALLACE *et al.*, 2008)

Dessa forma, em decorrência da escassez de estudos que verificaram a influência da ação excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril sobre a cinemática do membro inferior, assim como, que estudaram a função desses músculos separadamente em homens e mulheres, torna-se evidente a necessidade da realização de estudos com esse foco. A partir dos mesmos, seria possível uma melhor compreensão de alguns fatores que influenciam o alinhamento do membro inferior em ambos os gêneros e, que possivelmente, predispõe as mulheres ao desenvolvimento da SDFP. Além disso, contribuiriam para a elaboração de treinos preventivos e para a conduta terapêutica nessa lesão.

Além da função preventiva dos músculos do quadril para o desenvolvimento da SDFP, alguns autores têm atribuído importante contribuição dos mesmos para o desempenho funcional (ROBERTSON & FLEMING, 1987; GUSKIEWICZ *et al.*, 1993;

LEES *et al.* 2004; FORD *et al.*, 2009). Embora alguns estudos tenham encontrado altas correlações entre a força de alguns grupos musculares do membro inferior e o desempenho em testes funcionais (GREENBERGER & PATERNO, 1995; HAMILTON *et al.*, 2008), não há um consenso na literatura quanto à verdadeira relação existente entre essas variáveis. Isso se deve, principalmente, aos estudos que verificaram fracas correlações entre a força do quadríceps e os valores encontrados em diversas atividades (ANDERSON *et al.*, 1991; PINCIVERO *et al.*, 1997; CRONIN & HANSEN, 2005). Em decorrência desses resultados, alguns autores acreditam que a força muscular avaliada individualmente possui contribuição restrita para a estimativa da performance (GREENBERGER & PATERNO, 1995) e que talvez somente o torque do quadríceps não seja o melhor preditor do rendimento funcional (GUSKIEWICZ *et al.*, 1993). Assim, talvez uma análise global, com a mensuração da força de diversos grupos musculares do membro inferior, incluindo a musculatura do quadril, reflita melhor a influência das variáveis de força no desempenho funcional.

Mesmo havendo estudos na literatura demonstrando a importância clínica do fortalecimento dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril no tratamento da SDFP (MASCAL *et al.*, 2003; NAKAGAWA *et al.*, 2008), assim como, comprovando os benefícios desse treinamento sobre os fatores de risco dessa disfunção (redução da adução do fêmur durante a aterrissagem de uma plataforma) (MAYER *et al.*, 2006), há poucos estudos que verificaram a relação existente entre o desempenho funcional e a força desses músculos (KEA *et al.*, 2001; WESSEL *et al.*, 1999). Wessel *et al.* (1999) verificaram apenas fraca correlação negativa entre a força isométrica abdução do quadril e o tempo gasto em uma atividade de corrida de curta duração em crianças com artrite. Kea *et al.*

(2001) não verificaram correlação entre o torque concêntrico abdutor do quadril com a distância obtida em saltos unipodais laterais em jogadores de hóquei.

Uma vez que a ação excêntrica dos músculos do quadril tem sido relatada ser fundamental para o controle dos movimentos do membro inferior durante a realização de atividades em cadeia cinética fechada (FERBER *et al.*, 2003; JACOBS & MATTACOLA, 2005), assim como, no tratamento da SDFP (NAKAGAWA *et al.*, 2008), torna-se essencial o conhecimento da função dessa ação muscular sobre o rendimento funcional. Partindo do pressuposto que muitos atletas não aderem ao treinamento preventivo e curativo em decorrência da falta de perspectiva quanto à melhora do seu desempenho, e que muitas vezes a duração de tais atividades são inviáveis para o técnico, uma vez que outras abordagens visando à evolução do atleta possuem privilégio na elaboração do cronograma de treinamento, seria fundamental verificar se as condutas preventivas também estão relacionadas com a melhora do rendimento funcional. Entretanto, não foram encontrados estudos na literatura que avaliaram o papel da ação excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril sobre o rendimento funcional.

## **TEMA DE INTERESSE**

---

Diante do exposto, a presente dissertação teve como propósitos comparar parâmetros da função muscular excêntrica do quadril e da cinemática do membro inferior durante o agachamento unipodal, entre homens e mulheres saudáveis, além de verificar como tais variáveis se relacionam entre si em ambos os gêneros. Além disso, buscou-se examinar a existência de relação entre a ação excêntrica dos músculos do quadril e joelho com o desempenho funcional.

## HISTÓRICO DA COMPOSIÇÃO DA DISSERTAÇÃO

---

A presente dissertação de mestrado é composta por um artigo de revisão bibliográfica e dois artigos originais. Apesar da coleta dos dados de ambos os artigos originais ter sido realizada simultaneamente, esses serão apresentados, a seguir, em ordem cronológica da elaboração dos projetos que deram origem aos mesmos.

O estudo I contemplou a investigação de diferenças cinemáticas da pelve, fêmur e joelho, entre os gêneros, durante a realização do agachamento unipodal. Além disso, tentou-se elucidar alguns fatores em potencial (torque excêntrico abductor e rotador lateral do quadril) responsáveis por tais divergências. A partir dos resultados obtidos, foi possível fornecer informações referentes aos fatores biomecânicos que tornam as mulheres mais susceptíveis ao desenvolvimento de lesões por sobrecarga no joelho. Ainda, evidenciou-se a importância de alguns grupos musculares para a aquisição de um padrão de movimento do membro inferior menos prejudicial à articulação do joelho.

Embora existam na literatura estudos que relataram a importância dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril na etiopatogênese e tratamento de disfunções da articulação do joelho, não há dados referentes à contribuição da ação excêntrica dessa musculatura no desempenho funcional. Dessa forma, o estudo II objetivou examinar a existência de relação entre o torque isocinético excêntrico máximo abductor/adutor e rotador lateral/medial do quadril, assim como, extensor/flexor do joelho e o desempenho das voluntárias em dois testes funcionais, o salto triplo unipodal em distância e o salto unipodal de 6 metros cronometrado. Assim, esse estudo permitiu uma melhor compreensão da ação excêntrica da musculatura do quadril e joelho no desempenho em atividades funcionais,

contribuindo para a elaboração de protocolos de treinamento físico que objetivam a melhora do desempenho atlético e concomitantemente auxilia na prevenção e tratamento de lesões no joelho.

O artigo de revisão bibliográfica, o qual será submetido ao periódico “*Fisioterapia em Movimento*” será somente anexado ao término da dissertação (ANEXO I), uma vez que seu conteúdo já foi abordado na contextualização e inclusive atualizado com estudos publicados após a sua redação.

## ESTUDO I

---

### **Relações entre o torque excêntrico do quadril e a cinemática do membro inferior durante o agachamento unipodal**

Artigo será submetido ao periódico *Medicine & Science in Sports Exercise*



## RESUMO

**Propósito:** Tem sido verificado que a incidência da Síndrome da dor femoropatelar é maior nas mulheres do que nos homens. Diversos fatores são sugeridos para essa discrepância, como diferenças no padrão de movimento e de força muscular entre os gêneros. Os propósitos desse estudo foram comparar a cinemática da pelve e fêmur nos planos coronal e transversal, e do joelho no plano coronal entre os gêneros durante o agachamento unipodal, assim como a razão do torque excêntrico adutor/abdutor e rotador medial/lateral do quadril. Ainda, avaliar as relações existentes entre o torque excêntrico abdutor e rotador lateral do quadril com parâmetros cinemáticos do membro inferior.

**Métodos:** Dezesesseis mulheres e 16 homens saudáveis foram recrutados para o estudo. Os dados referentes à cinemática da pelve, fêmur e joelho foram calculados por meio de uma análise de movimento 3D durante o agachamento unipodal. O torque excêntrico dos músculos do quadril foi obtido por meio de um dinamômetro isocinético.

**Resultados:** Mulheres apresentaram maior depressão pélvica contra-lateral, adução do fêmur e abdução do joelho quando comparadas aos homens, assim como maior razão do torque excêntrico adutor/abdutor e rotador medial/lateral do quadril. Verificou-se que o torque excêntrico abdutor e rotador lateral do quadril foram correlacionados com os movimentos da pelve, fêmur e joelho no plano coronal na amostra envolvendo ambos os gêneros. Quando os gêneros foram analisados separadamente, foram observadas correlações somente nas mulheres entre o torque excêntrico abdutor do quadril e os movimentos da pelve, fêmur e joelho no plano coronal, assim como do fêmur no plano transversal.

**Conclusão:** As diferenças observadas entre os gêneros na cinemática do membro inferior e de força da musculatura do quadril ajudam a explicar a maior incidência da SDFP nas mulheres. Ainda, a ação excêntrica abdução do quadril parece ter maior importância no controle dos movimentos do membro inferior nas mulheres do que nos homens.

**Palavras chaves:** Biomecânica, síndrome da dor femoropatelar, fatores sexuais, joelho.

## 1 – INTRODUÇÃO

A maioria das lesões observadas no cenário esportivo acomete a articulação do joelho, sendo a síndrome da dor femoropatelar (SDFP) a principal disfunção por sobrecarga vista nos centros de reabilitação ortopédica (TAUTON *et al.*, 2002). Ainda, a incidência de SDFP nas mulheres tem sido relatada ser 2,2 vezes maior do que nos homens (BOLING *et al.*, 2009). Devido ao aumento da participação das mulheres no cenário esportivo, associado com as elevadas taxas de lesões no joelho observadas nas mesmas (MYER *et al.*, 2004), pesquisas tem sido conduzidas para determinar os fatores responsáveis por essa disparidade de lesões entre os gêneros (MALINZAK *et al.*, 2001; ZELLER *et al.*, 2003; FORD *et al.*, 2005).

Uma série de estudos observaram maior excursão em abdução do joelho nas mulheres durante a realização de diversas atividades funcionais (MALINZAK *et al.*, 2001; ZELLER *et al.*, 2003; FORD *et al.*, 2005; KERNOZEK *et al.*, 2005; FORD *et al.*, 2006; RUSSELL *et al.*, 2006; JACOBS *et al.*, 2007). Acredita-se que esse padrão de movimento seja responsável por aumentar o ângulo do quadríceps (ângulo Q) e, conseqüentemente, as forças laterais que atuam sobre a patela (POWERS, 2003). Tem sido observado que um aumento de 10° no ângulo Q promove uma elevação em 45% da pressão de contato no aspecto lateral da articulação femoropatelar (HUBERTI & HAYES, 1984), podendo predispor à SDFP.

Recentemente, tem sido teorizado que a excessiva excursão em adução do fêmur em cadeia cinética fechada contribuiria para o aumento da abdução do joelho e, conseqüentemente, do ângulo Q (POWERS, 2003). Além disso, maior rotação medial do

fêmur em relação à tibia tem sido associado ao aumento do *stress* femoropatelar (LEE *et al.*, 1994). Pesquisas encontraram maiores ângulos de adução e rotação medial do quadril durante a marcha (HURD *et al.*, 2004) e corrida (FERBER *et al.*, 2003; CHUMANOV *et al.*, 2008), assim como de adução do quadril durante o agachamento unipodal (ZELLER *et al.*, 2003) e aterrissagem de um salto (HEWETT *et al.*, 2006) em mulheres, sugerindo um possível déficit dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril para controlar tais movimentos. Entretanto, devido à divergência de resultados encontrados na literatura (DIMATTIA *et al.*, 2005; JACOBS & MATTACOLA, 2005; CLAIBORNE *et al.*, 2006; WILLSON *et al.*, 2006; JACOBS *et al.*, 2007; THIJIS *et al.*, 2007; WALLACE *et al.*, 2008; HOLLMAN *et al.*, 2009), não há um consenso quanto à verdadeira relação existente entre a força muscular e a cinemática do membro inferior em ambos os gêneros.

Uma possível explicação para a divergência desses achados refere-se à forma pela qual a força muscular foi analisada nesses estudos. Embora os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril contraem-se excêntrica para desacelerar os movimentos de adução e rotação medial do fêmur, respectivamente, durante atividades em cadeia cinética fechada (FERBER *et al.*, 2003), a maioria dos estudos avaliou a força isométrica dessa musculatura (DIMATTIA *et al.*, 2005; WILLSON *et al.*, 2006; JACOBS *et al.*, 2007; THIJIS *et al.*, 2007; WALLACE *et al.*, 2008; HOLLMAN *et al.*, 2009). Foram encontrados dois estudos que avaliaram a influência da ação excêntrica dos músculos abdutores do quadril sobre a cinemática do membro inferior (JACOBS & MATTACOLA, 2005; CLAIBORNE *et al.*, 2006), sendo que apenas um verificou a função excêntrica dos músculos rotadores laterais do quadril (CLAIBORNE *et al.*, 2006). Jacobs & Mattacola (2005) observaram moderada correlação entre o torque excêntrico abductor do quadril com a excursão angular em abdução do joelho durante a aterrissagem de um salto, porém, não

encontraram correlações com os movimentos do quadril. Claiborne *et al.* (2006) observaram apenas fracas correlações entre o torque excêntrico abdutor e rotador lateral do quadril com os movimentos do joelho no plano coronal durante o agachamento unipodal. Assim, os estudos verificando a relação da ação excêntrica dos músculos do quadril com a cinemática do membro inferior durante atividades funcionais ainda são escassos e controversos.

Um outro assunto que merece destaque é a razão de força entre os músculos com ações antagônicas do quadril. Para que os movimentos do fêmur e, conseqüentemente, do joelho ocorram harmonicamente é necessário existir uma ótima razão de força entre os mesmos (POWERS, 2003). Tem sido verificado um desequilíbrio entre os músculos adutores e abdutores do quadril em mulheres com SDFP quando comparadas a um grupo controle (BALDON *et al.*, 2009), podendo esse ser um fator responsável pelo desalinhamento dinâmico do membro inferior observado nas mesmas (WILLSON & DAVIS, 2008). Porém, não foram encontrados na literatura estudos que compararam a razão do torque excêntrico adutor/abdutor e rotador medial/lateral do quadril entre gêneros, sendo esse um importante parâmetro que poderia estar relacionado à maior incidência de SDFP nas mulheres.

Portanto, com o intuito de melhor compreender as diferenças biomecânicas entre os gêneros, assim como os fatores responsáveis por tais divergências, objetivando otimizar os protocolos de prevenção e tratamento de lesões do joelho, os propósitos do presente estudo foram (1) comparar a cinemática da pelve, fêmur (planos coronal e transversal) e joelho (plano coronal) durante o agachamento unipodal entre os gêneros, (2) comparar as razões do torque excêntrico adutor/abdutor e rotador medial/lateral do quadril entre gêneros, e (3) determinar as relações entre o torque excêntrico abdutor e rotador lateral do quadril com a

cinemática do membro inferior em ambos os gêneros. Baseado na literatura, hipotetizou-se que as mulheres apresentariam maiores ângulos de depressão pélvica contra-lateral, adução e rotação medial do fêmur, assim como, abdução do joelho, além de terem maior predomínio de força dos músculos adutores e rotadores mediais do quadril, quando comparadas aos homens. A segunda hipótese foi de que a ação excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril estaria intimamente relacionada aos movimentos da pelve, quadril e joelho, principalmente nas mulheres.

## 2 – MÉTODOS

### 2.1 – Sujeitos

Foram recrutados 32 voluntários fisicamente ativos (16 mulheres e 16 homens) para o estudo, sendo as características demográficas dos mesmos apresentadas na Tabela 1. Todos os voluntários realizavam exercícios regulares com frequência mínima de três vezes por semana durante um mínimo de 30 minutos e não tinham história prévia de lesões do membro inferior (APÊNDICE I). Todos os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE II) previamente ao início das avaliações e todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (ANEXO II).

**Tabela 1.** Características demográficas (Média  $\pm$  DP).

	Homens	Mulheres
Idade (anos)	21,87 $\pm$ 2,8	20,5 $\pm$ 1,75
Altura (cm)	177,07 $\pm$ 6,47	164,68 $\pm$ 6,0
Massa corporal (kg)	75,76 $\pm$ 9,05	57,8 $\pm$ 10,16
Índice de Massa Corporal	24,08 $\pm$ 1,74	21,23 $\pm$ 2,74

### 2.2 – Procedimentos

Após ter sido adquirido o termo de consentimento, dados demográficos referentes à altura, massa corporal e IMC, assim como, a dominância do membro inferior foram obtidos. O membro inferior dominante foi considerado aquele preferido pelos voluntários

para chutar uma bola o mais longe possível (FORD *et al.*, 2003), sendo que todos os procedimentos de avaliação foram realizados nesse membro. Após um período de aquecimento prévio composto por caminhada em esteira durante 5 minutos e alongamento dos músculos da coxa, os voluntários foram submetidos ao teste de agachamento unipodal.

**Avaliação Cinemática.** Os dados cinemáticos 3D foram obtidos a partir de 10 marcadores anatômicos esféricos (10mm de diâmetro), passivos e refletivos afixados sobre as espinhas ilíacas póstero-superiores e ântero-superiores, trocânter maior do fêmur, epicôndilos medial e lateral do fêmur, cabeça da fíbula e maléolos medial e lateral (Figura 1). Quatro câmeras de vídeo digitais (Panasonic NV – GS180) com resolução temporal de 60 Hz foram utilizadas e posicionadas da seguinte forma: duas câmeras em frente dos voluntários com uma angulação de 60° entre elas (câmeras 1 e 2); uma posicionada póstero-lateralmente ao hemitorpo direito (câmera 3) e outra posicionada póstero-lateralmente ao hemitorpo esquerdo (câmera 4) dos voluntários, ambas anguladas 60° em relação ao plano sagital mediano dos sujeitos. Este posicionamento garantiu que todos os marcadores fossem visualizados por pelo menos duas câmeras durante a realização do teste.





Figura 1 - Locais de fixação dos marcadores vistos pelas câmeras 1(A), câmera 2(B), câmera 3(C) e câmera 4(D).

A calibração das câmeras foi realizada a partir da filmagem de um objeto com dimensões de 1 x 1,8 x 0,8 m, contendo 24 marcadores com posições absolutas conhecidas em relação ao sistema de coordenada Cartesiano, posicionado na área onde os voluntários realizaram o teste (Figura 2). O sistema de referência global foi definido por esse objeto, no qual o eixo X foi orientado anteriormente, o eixo Y superiormente e o eixo Z à direita dos voluntários (WU & CAVANAGH, 1995).

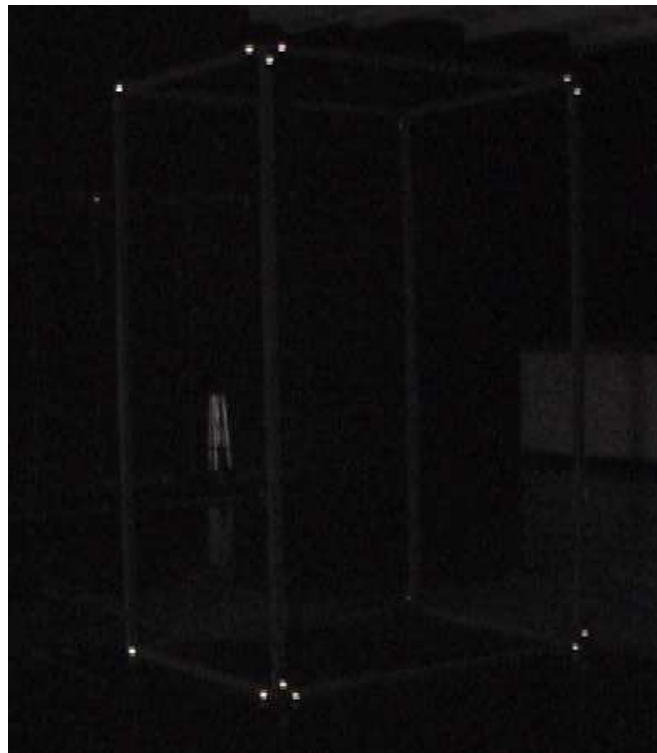


Figura 2 – Objeto utilizado para a calibração das câmeras e para definir o sistema de referência global.

O rastreamento dos marcadores foi realizado no *software* de videogrametria Dvideow® (*Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits*) (FIGUEROA *et al.*,

2003), no qual foram obtidas 4 matrizes de dados bidimensionais referentes a cada uma das câmeras utilizadas. A aquisição das matrizes tridimensionais dos pontos registrados em função do tempo também foi realizada no *software* Dvideow® por meio do método DLT (*Direct Linear Transformation*) (ABDEL-AZIZ & KARARA, 1971). O erro experimental verificado através de um teste específico (EHARA *et al.*, 1997) foi igual a 3,1mm.

A captura de uma imagem estática (tomada inicial,  $t = 1$ ) dos voluntários em apoio unipodal sobre o membro inferior dominante com os membros superiores cruzados na frente do tórax foi realizada para verificar o alinhamento anatômico do membro inferior e pelve. Em seguida, os voluntários foram instruídos a realizar o agachamento unipodal até 75° de flexão do joelho e retornar a posição inicial. Para o controle da angulação do joelho foi utilizado um suporte ajustável que, previamente à avaliação, foi fixado a uma altura representando a distância necessária para que o voluntário alcançasse a angulação pré-determinada (distância entre o marcador do trocânter maior do fêmur e o solo com o joelho em 75° de flexão). Durante a avaliação propriamente dita, o suporte foi posicionado ao lado dos sujeitos para que os mesmos realizassem o teste na amplitude de movimento pré-determinada (WILLSON *et al.*, 2006). O tempo de execução do teste foi padronizado em  $2 \pm 0,3$  segundos, controlado por cronômetro digital. Os voluntários realizaram no máximo 3 tentativas para se familiarizarem ao teste e 5 repetições que foram utilizados para a análise. Se qualquer um dos parâmetros de avaliação não fosse obedecido, a tentativa era invalidada e uma nova tentativa realizada.

**Avaliação Isocinética.** Os testes isocinéticos foram realizados no Dinamômetro Isocinético (*Biodex Multi-Joint System 2, Biodex Medical Incorporation, New York, NY, USA*) em um intervalo de tempo que variou de 48 a 96 horas após a avaliação cinemática. Previamente ao início dos testes, os voluntários realizaram um aquecimento semelhante ao

descrito anteriormente, acrescido do alongamento dos músculos abdutores/adutores e rotadores medias/laterais do quadril. Todos os testes foram conduzidos de maneira aleatória (sorteio) para cada voluntário.

A avaliação isocinética excêntrica dos músculos adutores e abdutores do quadril foi realizada com os voluntários posicionados em decúbito lateral, com o membro inferior avaliado paralelo ao solo e em posição neutra de flexo/extensão e rotação medial/lateral do quadril, mantendo o joelho em completa extensão. O eixo mecânico de rotação do dinamômetro foi alinhado a um ponto representando a intersecção de duas linhas. Uma linha direcionada inferiormente da espinha íliaca pósterio superior em sentido ao joelho, e a outra linha orientada medialmente e posteriormente ao trocânter maior do fêmur em direção à linha média do corpo. 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 2 cintos, um proximalmente à crista íliaca e o outro no pé, respectivamente (Figura 3).



Figura 3 - Posicionamento do sujeito para a avaliação do torque excêntrico abductor e adutor do quadril.

Os voluntários foram instruídos a manter o hálux direcionado horizontalmente e a não flexionarem o joelho durante o teste. A amplitude de movimento do teste foi de 30 graus, partindo de 0 (posição neutra) a 30 graus de abdução do quadril e, em seguida, retornando à posição inicial do teste.

A avaliação isocinética excêntrica dos músculos rotadores mediais e laterais do quadril foi realizada com os voluntários sentados, joelhos e quadris fletidos a 90° e em posição neutra de adução/abdução, e o quadril do membro inferior avaliado na posição de 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 4 cintos, sendo dois diagonais cruzando o tronco, um pélvico e outro no terço distal da coxa (Figura 4). A amplitude de movimento do teste foi de 30 graus, partindo de 10 graus de rotação medial a 20 graus de rotação lateral do quadril e, em seguida, retornando a posição inicial do teste.



Figura 4 - Posicionamento do sujeito para a avaliação do torque excêntrico rotador lateral e medial do quadril

A velocidade angular dos testes isocinéticos foi de 30°/s. Os voluntários realizaram uma familiarização composta por uma série de 5 contrações submáximas e uma série de 2 contrações máximas isocinéticas excêntricas recíprocas, com um intervalo de um minuto entre as séries. Após um minuto do término da familiarização, os voluntários realizaram 2 séries de 5 repetições consecutivas máximas, com um período de descanso de 3 minutos entre as séries.

Encorajamento verbal padronizado foi fornecido para estimular todos os voluntários a produzirem o máximo torque excêntrico. Para corrigir a influência da gravidade sobre os dados adquiridos de torque, os membros dos voluntários foram pesados em cada teste conforme instruções do manual de operações do equipamento utilizado, sendo os resultados então corrigidos automaticamente pelo *software* de aquisição. Todas as avaliações isocinéticas foram realizadas pelo primeiro autor em um protocolo similar ao utilizado em estudos prévios publicados pelo nosso laboratório que apresentaram bons índices de reprodutibilidade (NAKAGAWA *et al.*, 2008; BALDON *et al.*, 2009).

**Análise dos dados.** Após a obtenção das matrizes contendo os dados 3D brutos, as mesmas foram importadas para o *software* Matlab (*Mathworks Inc., Natick, MA, USA*), onde foram filtradas por meio de um filtro digital *Butterworth* de 4ª ordem, passa-baixa com frequência de corte de 5Hz determinada por análise residual (WINTER, 1990). Os sistemas de coordenadas locais da pelve, fêmur e perna foram então definidos (WU *et al.*, 2002) e, em seguida, algoritmos foram utilizados para quantificar as rotações relativas entre os sistemas de coordenadas locais do fêmur e perna (articulação do joelho) por meio das convenções dos ângulos de Euler. O movimento realizado no plano sagital do joelho definiu a primeira rotação que ocorreu ao redor de um eixo médio-lateral fixado na extremidade distal do fêmur, seguido do movimento no plano coronal em torno de um eixo

(flutuante) perpendicular ao primeiro eixo de rotação e ao eixo longitudinal da tíbia e, por fim, daquele realizado no plano transversal ao longo do eixo longitudinal da tíbia (GROOD & SUNTAY, 1983). Por acreditar que os movimentos isolados do fêmur e da pelve nos planos coronal e transversal contribuem diretamente para o alinhamento e sobrecarga da articulação femoropatelar (POWERS, 2010), optou-se por realizar o cálculo dos movimentos isolados ocorridos nos sistemas da pelve e fêmur em relação a si próprios, através do mesmo procedimento descrito acima. Para tanto, foram definidos os sistemas da pelve e fêmur para o primeiro instante de tempo ( $t = 1$ ) e, então, calculados os ângulos relativos destes sistemas para os instantes de tempo subsequentes ( $t = 1, \dots, n$ ; onde  $n$  é o tamanho do conjunto de dados).

Os movimentos nos quais a pelve, fêmur e tíbia rodaram no plano coronal no sentido horário descreveram os movimentos de depressão pélvica contra lateral, abdução do fêmur e abdução do joelho, enquanto no sentido anti-horário descreveram elevação pélvica contra-lateral, adução do fêmur e adução do joelho, respectivamente. Já para os movimentos da pelve e fêmur no plano transversal, movimentos no sentido horário resultaram em rotação anterior pélvica contra-lateral e rotação lateral do fêmur, enquanto no sentido anti-horário resultaram em rotação posterior pélvica contra-lateral e rotação medial do fêmur, respectivamente.

Foi estabelecido, conforme a convenção da regra da mão direita, que rotações ocorridas no sentido horário apresentariam valores negativos e rotações ocorridas no sentido anti-horário apresentariam valores positivos. As variáveis cinemáticas analisadas foram o ângulo de depressão/elevação e rotação anterior/posterior pélvica contra-lateral, abdução/adução e rotação lateral/medial do fêmur, assim como, abdução/adução do joelho, no momento em que o joelho se encontrava em  $60^\circ$  de flexão (CLAIBORNE *et al.*, 2006).

Todos os ângulos foram calculados a partir da posição anatômica ( $t=1$ ), sendo essa considerada o marco zero para as excursões angulares analisadas. Para análise estatística foi considerada a média dos valores durante a realização das 5 tentativas válidas.

As variáveis isocinéticas utilizadas na análise estatística para o cálculo das correlações com as variáveis cinemáticas foram o pico de torque isocinético excêntrico máximo (PTIEM) abductor e rotador lateral do quadril, os quais poderiam estar presentes tanto na primeira, quanto na segunda série da avaliação isocinética. Da mesma forma, o PTIEM adutor e rotador medial do quadril foram utilizados para o cálculo das razões do PTIEM adutor/abductor e rotador medial/lateral do quadril, utilizadas na comparação entre os gêneros. Todos os valores de torque obtidos foram normalizados pela massa corporal ( $N \cdot m \cdot Kg^{-1}$ ).

### 2.3 - Análise Estatística

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva das variáveis estudadas (média e desvio-padrão) e verificada a normalidade e homocedasticidade dos dados por meio dos testes de Shapiro-Wilks e Levene, respectivamente. Diferenças entre os gêneros foram analisadas por meio do teste  $t$  para amostras independentes para as variáveis que apresentaram condições paramétricas e pelo teste de Mann-Whitney U para aquelas que não apresentaram condições paramétricas. Os índices de Cohen (Cohen  $d$ ) foram calculados para verificar o efeito da amostra (*effect size*).

As relações entre o PTIEM abductor e rotador lateral do quadril e cinemática do membro inferior foram analisadas utilizando os coeficientes de correlação de Pearson. Os coeficientes de correlação foram interpretados da seguinte forma: 0,00-0,19 = insignificante, 0,20-0,39 = baixa, 0,40-0,69 = moderada, 0,70-0,89 = alta, e 0,90-1,00 =

muito alta (WEBER & LAMB, 1970). Para verificar o comportamento das variáveis estudadas em cada gênero, foram obtidos os coeficientes de correlação para uma amostra composta somente por mulheres (n=16) e para outra composta apenas por homens (n=16). Além disso, foram calculados os coeficientes de correlação para uma amostra completa, composta por ambos os gêneros (n=32). O nível de significância considerado para todas as análises realizadas foi de  $\alpha < 0,05$ .



### 3 – RESULTADOS

As mulheres demonstraram maiores ângulos em abdução do joelho, adução do fêmur e depressão pélvica contra-lateral quando comparadas aos homens durante o agachamento unipodal. Ainda, apresentaram maiores valores da razão do PTIEM adutor/abdutor e rotador medial/lateral do quadril (Tabela 2).

**Tabela 2:** Dados descritivos e comparação entre os gêneros das variáveis cinemáticas e isocinéticas (Média  $\pm$  DP).

Variáveis	Mulheres	Homens	P	Cohen d
<b>Movimentos da Pelve<sup>†</sup></b>				
Depressão (-)/elevação (+)*	-4,80 $\pm$ 2,37	-2,43 $\pm$ 2,07	0,005	1,1
Rotação anterior (-)/posterior (+)	-2,25 $\pm$ 3,38	-1,06 $\pm$ 2,70	0,27	0,4
<b>Movimentos do Fêmur<sup>†</sup></b>				
Abdução (-)/adução (+)*	4,16 $\pm$ 2,97	0,01 $\pm$ 2,63	<0,001	1,53
Rotação lateral (-)/medial (+)	-2,46 $\pm$ 2,46	-0,45 $\pm$ 3,54	0,07	0,64
<b>Movimento do Joelho<sup>†</sup></b>				
Abdução (-)/adução (+)*	-4,73 $\pm$ 4,84	-0,33 $\pm$ 3,48	0,006	1,08
<b>Razões isocinéticas do quadril</b>				
PTIEM adutor/abdutor *	1,56 $\pm$ 0,18	1,40 $\pm$ 0,19	0,02	0,89
PTIEM rotador medial/lateral *	1,87 $\pm$ 0,46	1,54 $\pm$ 0,23	0,02	0,94

\* Indica diferença significativa entre os gêneros.

<sup>†</sup> Valores expressos em graus (°).

Foram encontradas correlações significativas, moderadas e negativas entre o PTIEM abdutor do quadril e os movimentos do fêmur nos planos coronal e transversal no grupo composto apenas por mulheres e, no plano coronal na análise envolvendo ambos os gêneros. Essa correlação negativa indica que quanto maior o PTIEM abdutor do quadril menor a excursão em adução e rotação medial do fêmur. Ainda, verificou-se correlação positiva com o movimento do joelho no plano coronal no grupo composto apenas por mulheres, assim como, na análise envolvendo ambos os gêneros. Tal correlação indica que quanto maior o PTIEM abdutor do quadril maior a excursão em adução do joelho. Não foram observadas correlações significativas entre o PTIEM abdutor do quadril e os movimentos da pelve. Ainda, quando analisados individualmente, os homens não apresentaram correlações significativas entre as variáveis estudadas (Tabela 3).

**Tabela 3:** Coeficientes de correlação ( $r$ ) entre o PTIEM abdutor do quadril normalizado pela massa corporal ( $N \cdot m \cdot Kg^{-1}$ ) e as excursões de movimento da pelve, fêmur e joelho, expressos em graus ( $^{\circ}$ ), durante a realização do agachamento unipodal.

Movimentos	Pelve		Fêmur		Joelho
	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano coronal
	coronal	transversal	coronal	transversal	
Mulheres	0,18	-0,16	-0,52*	-0,47*	0,61*
Homens	-0,31	-0,24	0,09	-0,15	-0,07
Todos	0,32	0,04	-0,55*	0,11	0,49*

\* Indica correlação significativa ( $P < 0,05$ )

Foi encontrada correlação significativa, moderada e negativa entre o PTIEM rotador lateral do quadril e o movimento do fêmur no plano frontal na análise envolvendo ambos os gêneros. Essa correlação negativa indica que quanto maior o PTIEM rotador lateral do quadril menor a excursão em adução do fêmur. Ainda, verificou-se baixa e moderada correlação positiva entre o PTIEM rotador lateral quadril e o movimento do joelho e da pelve no plano coronal, respectivamente, na análise envolvendo ambos os gêneros. Essa correlação positiva indica que quanto maior o PTIEM rotador lateral do quadril maior a adução do joelho e a elevação pélvica contra-lateral. Quando analisados individualmente, os homens e as mulheres não apresentaram correlações significativas entre as variáveis estudadas (Tabela 4).

**Tabela 4:** Coeficientes de correlação ( $r$ ) entre o PTIEM rotador lateral do quadril normalizado pela massa corporal ( $N \cdot m \cdot Kg^{-1}$ ) e as excursões de movimento da pelve, fêmur e joelho, expressos em graus ( $^{\circ}$ ), durante a realização do agachamento unipodal.

Movimentos	Pelve		Fêmur		Joelho
	Plano	Plano	Plano	Plano	Plano coronal
	coronal	transversal	coronal	transversal	
Mulheres	0,12	0,32	0,16	-0,21	-0,07
Homens	-0,19	-0,12	0,05	0,19	-0,13
Todos	0,40*	0,23	-0,47*	0,28	0,36*

\* Indica correlação significativa ( $P < 0,05$ )

## 4 – DISCUSSÃO

Os propósitos desse estudo foram comparar parâmetros cinemáticos do membro inferior e variáveis isocinéticas do quadril entre homens e mulheres saudáveis, assim como, verificar a relação entre a ação excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril na cinemática do membro inferior. A partir desses achados seria possível ajudar a explicar o motivo pela maior incidência da SDFP nas mulheres e a elaborar protocolos de intervenção focados na correção do mal-alinhamento dinâmico do membro inferior.

Em concordância com outros estudos na literatura (MALINZAK *et al.*, 2001; ZELLER *et al.*, 2003; FORD *et al.*, 2005; KERNOZEK *et al.*, 2005; FORD *et al.*, 2006; RUSSELL *et al.*, 2006; JACOBS *et al.*, 2007), os resultados revelaram que as mulheres apresentam um comportamento descrito como ligamento dominante, no qual há inabilidade da musculatura em controlar o torque aplicado sobre as articulações do membro inferior durante atividades funcionais, resultando em maior excursão em abdução do joelho (ANDREWS & AXE, 1985). Tal movimento, quando exacerbado, aumenta o ângulo Q (NGUYEN *et al.*, 2009) e, conseqüentemente, as forças compressivas no aspecto lateral da articulação femoropatelar, assim como, as forças tensivas sobre o retináculo medial e o ligamento patelofemoral medial (HUBERTI & HAYES, 1984; POWERS, 2003). Possivelmente, quando realizado de maneira repetitiva durante um longo período de tempo, esse padrão de movimento pode predispor as mulheres ao desenvolvimento da SDFP (POWERS, 2003).

Concomitantemente à maior abdução do joelho, foi observado que as mulheres apresentam maior adução do fêmur, corroborando com o princípio de que esse movimento

influencia diretamente a cinemática do joelho no plano coronal (FORD *et al.*, 2006; HOLLMAN *et al.*, 2009). Tais resultados são semelhantes àqueles encontrados por Zeller *et al.* (2003) e Hewett *et al.* (2006), os quais observaram o mesmo padrão de movimento do membro inferior em mulheres durante o agachamento unipodal e a aterrissagem de um salto horizontal, respectivamente. Os resultados do presente estudo sugerem que a ação excêntrica da musculatura abduutora do quadril contribuiu diretamente para manter o alinhamento do membro inferior no plano coronal. Tal fato foi verificado por meio dos índices de correlação observados na amostra composta tanto por homens quanto por mulheres. Os resultados demonstraram que menores valores do PTIEM abductor do quadril refletiram em maiores ângulos de adução do fêmur e abdução do joelho. Embora não tenha sido significativo ( $p = 0,06$ ), também foi observado que o PTIEM abductor do quadril contribui, em menor intensidade, para controlar a depressão pélvica contra-lateral.

Mesmo tendo sido observados coeficientes de correlação significativos, a relação entre a força dos músculos abdutores do quadril e a cinemática dos membros inferiores não está completamente esclarecida e, por este motivo, tem sido amplamente estudada por diversos autores (DIMATTIA *et al.*, 2005; JACOBS & MATTACOLA, 2005; CLAIBORNE *et al.*, 2006; WILLSON *et al.*, 2006; JACOBS *et al.*, 2007; THIJS *et al.*, 2007; WALLACE *et al.*, 2008; HOLLMAN *et al.*, 2009). Willson *et al.* (2006) encontraram apenas fracas correlações entre a força isométrica abduutora do quadril com a abdução do joelho durante o agachamento unipodal em uma amostra composta por ambos os gêneros. DiMattia *et al.* (2005) e Hollman *et al.* (2009) não verificaram correlação entre a força isométrica abduutora do quadril com os movimentos em adução dessa articulação durante o agachamento unipodal e a descida anterior de um *step*, respectivamente.

Durante a fase de desaceleração de atividades funcionais em cadeia cinética fechada, os músculos abdutores do quadril devem atuar excêntrica para conter os movimentos em adução da articulação do quadril (FERBER *et al.*, 2003). Assim, de acordo com essa premissa e a partir dos resultados encontrados no presente estudo e na literatura, sugere-se que a capacidade de manutenção da estabilidade das articulações do quadril e joelho no plano coronal possa estar mais relacionada à ação excêntrica dos músculos abdutores do quadril do que com a força isométrica dos mesmos. Jacobs & Mattacola (2005) observaram uma correlação moderada idêntica à encontrada no presente estudo ( $r = 0,61$ ) entre o torque excêntrico abdutor do quadril e a excursão angular em abdução do joelho nas mulheres durante a aterrissagem de um salto horizontal. Embora Claiborne *et al.* (2006) tenham encontrado apenas fracas correlações entre essas variáveis, uma possível explicação para esse resultado concerne ao perfil da sua amostra, composta tanto por homens quanto por mulheres.

Foi observado no presente estudo maiores coeficientes de correlação entre as variáveis cinemáticas do membro inferior com o PTIEM abdutor do quadril nas mulheres quando comparadas aos homens. Resultados similares foram relatados por Jacobs *et al.* (2007) e Wallace *et al.* (2008), os quais verificaram moderada correlação, nas mulheres, entre a força isométrica abdução do quadril com a abdução do joelho durante a aterrissagem de atividades de salto, enquanto não observaram correlação no grupo de homens. Thijs *et al.* (2007), em uma amostra composta principalmente por homens, não verificaram correlação entre a força isométrica abdução do quadril com a excursão em abdução do joelho durante o avanço anterior. Também foi verificado no presente estudo que as mulheres demonstraram uma moderada correlação entre o PTIEM abdutor do quadril com os movimentos dessa articulação no plano transversal, enquanto que as

análises envolvendo somente os homens e ambos os gêneros não demonstraram correlações significativas. Tais resultados indicam que menores valores de PTIEM abductor do quadril foram associados a maiores ângulos de rotação medial do fêmur nas mulheres durante o agachamento unipodal. O principal responsável pela geração do torque abductor do quadril é o músculo glúteo médio, o qual atua como rotador lateral secundário dessa articulação por meio de sua porção posterior (POWERS, 2010), explicando a relação encontrada entre o PTIEM abductor do quadril e os movimentos do fêmur no plano transversal.

Tem sido demonstrado que as mulheres possuem maior requisição da musculatura abductora do quadril durante a realização de atividades funcionais. Ferber *et al.* (2003) verificaram maior trabalho negativo no plano frontal do quadril nas mulheres quando comparado aos homens, associado a maiores ângulos e velocidade angular de adução do quadril. Em conjunto, esses dados revelam que maior demanda excêntrica é imposta na musculatura abductora do quadril nas mulheres durante a fase de suporte de atividades funcionais quando comparadas aos homens. Diante do exposto, sugere-se que as mulheres sejam mais dependentes da ação excêntrica dos músculos abdutores do quadril (principalmente o músculos glúteo médio) para controlar os movimentos do fêmur nos planos coronal e transversal e do joelho no plano coronal. Tal afirmação está de acordo com os resultados relatados por Jacobs & Mattacola (2005), que observaram moderada relação entre o torque excêntrico abductor do quadril e os ângulos em abdução do joelho somente no grupo de mulheres. Dessa forma, todos os profissionais responsáveis pelo acompanhamento de mulheres atletas devem estar atentos à necessidade de se ter uma ótima função excêntrica desses músculos para se manter o alinhamento dinâmico do membro inferior nos planos coronal e transversal durante a realização de atividades funcionais.

Outra variável isocinética estudada foi o PTIEM rotador lateral do quadril, sendo verificado que a ação excêntrica dessa musculatura atuou sinergicamente aos músculos abdutores do quadril na prevenção da depressão pélvica contra-lateral, adução do fêmur e, em menor intensidade, da abdução do joelho na amostra envolvendo ambos os gêneros. Claiborne *et al.* (2006) embora não tenham avaliado os movimentos da pelve e fêmur, verificaram uma correlação similar àquela encontrada no presente estudo entre o torque excêntrico rotador lateral do quadril e os movimentos do joelho no plano coronal. Willson *et al.* (2006) relataram que, entre as variáveis estudadas, a força isométrica dos músculos rotadores laterais do quadril foi a que melhor se correlacionou com a abdução do joelho durante o agachamento unipodal. Como o glúteo máximo é o principal rotador lateral do quadril (POWERS, 2010) e, além disso, contribui para a abdução dessa articulação com a sua porção superior (LYONS *et al.*, 1983), justifica-se a relação encontrada do PTIEM rotador lateral do quadril com os movimentos da pelve e fêmur e, conseqüentemente, do joelho no plano coronal. Assim, para que ocorra uma efetiva estabilização dos segmentos avaliados, evitando os movimentos exacerbados no plano coronal, faz-se necessária uma excelente ação excêntrica conjunta dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril, prevenindo os movimentos que contribuem para o aumento do ângulo Q e das forças laterais atuantes na articulação femoropatelar.

Outro fato interessante concerne aos maiores valores da razão do PTIEM adutor/abdutor e rotador medial/lateral do quadril observados nas mulheres quando comparadas aos homens, revelando uma diferença na proporção de força dos músculos responsáveis pela aquisição de estabilidade da articulação do quadril entre os gêneros. BALDON *et al.* (2009) verificaram que mulheres com SDFP demonstraram predomínio da ação excêntrica dos músculos adutores do quadril quando comparadas ao grupo controle,



embora não tenham encontrado diferença entre os grupos para a razão do torque rotador medial/ lateral do quadril. Como as ações excêntricas rotadora lateral e abdução do quadril foram responsáveis por controlar a depressão pélvica contra-lateral, a adução do fêmur e a abdução do joelho e, as mulheres apresentam maior demanda excêntrica dos músculos abdutores do quadril durante atividades em cadeia cinética fechada (FERBER *et al.*, 2003), tal desequilíbrio de força nas mulheres pode favorecer ao aumento da adução do fêmur e abdução do joelho e, conseqüentemente, predispor a SDFP. Entretanto, como não foram encontrados estudos na literatura comparando essas variáveis isocinéticas entre os gêneros, novas pesquisas devem ser realizadas com o intuito de verificar a influência desse desequilíbrio muscular em parâmetros cinemáticos e cinéticos do membro inferior em diversas atividades funcionais.

Contrariando duas das hipóteses estabelecidas, o PTIEM rotador lateral do quadril não se correlacionou significativamente com os movimentos do fêmur no plano transversal. Além disso, as mulheres apresentaram tendência a apresentarem maiores ângulos de rotação lateral do fêmur ( $p = ,07$ ), inversamente ao esperado. Na tentativa de compensar os maiores ângulos em adução do fêmur e abdução do joelho, pode ser que as mulheres tenham utilizado dessa estratégia para reduzir o ângulo Q e, assim, a sobrecarga na articulação femoropatelar. Em concordância com os resultados desse estudo, Zeller *et al.* (2003) verificaram que as mulheres apresentaram maior rotação lateral do quadril durante o agachamento unipodal. Similarmente, Willson & Davis (2008) observaram que mulheres com SDFP apresentaram maior adução e menores ângulos de rotação medial do quadril, quando comparadas a um grupo controle. Acredita-se que em atividades mais dinâmicas, nas quais maior sobrecarga é imposta ao sistema musculoesquelético, as mulheres não conseguiriam manter essa compensação, revelando maiores ângulos em rotação medial do

fêmur. Tal afirmação é embasada por outros estudos na literatura que observaram maior rotação medial do quadril em mulheres durante atividades mais complexas, como a corrida (FERBER *et al.*, 2003; CHUMANOV *et al.*, 2008), aterrissagem de uma plataforma elevada (LEPHART *et al.*, 2002) e mudanças bruscas de direção de movimento (POLLARD *et al.*, 2007).

Por fim, os resultados apresentados nesse estudo sugerem que o treinamento da ação excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril, principalmente em mulheres com déficit de força dessa musculatura, poderia contribuir para a manutenção do alinhamento do membro inferior durante a realização de atividades funcionais. Ainda, é sugerido que pesquisas sejam realizadas para verificar o efeito do fortalecimento excêntrico dos músculos do quadril sobre parâmetros cinemáticos e cinéticos do membro inferior, para que de fato entenda-se a verdadeira função dessa musculatura no controle dos movimentos do membro inferior e, possivelmente, no desenvolvimento de disfunções da articulação do joelho nas mulheres.

## **5 – CONCLUSÃO**

Baseado nos resultados obtidos a partir da amostra estudada, conclui-se que as mulheres apresentam um perfil cinemático favorável ao desenvolvimento da SDFP, com maior depressão pélvica contra-lateral, adução do fêmur e abdução do joelho. Ainda, verificou-se que as mesmas apresentam maior razão do PTIEM adutor/abductor e rotador medial/lateral do quadril, quando comparadas aos homens, podendo ser dois fatores responsáveis pela diferença do padrão de movimento observado entre os gêneros.

Adicionalmente, quanto maiores os valores do PTIEM abductor e rotador lateral do quadril menores foram as excursões de movimento em depressão pélvica contra-lateral, adução do fêmur e abdução do joelho, durante o agachamento unipodal. Além disso, quando analisadas separadamente, as mulheres demonstraram maiores coeficientes de correlação entre o PTIEM abductor do quadril com os movimentos do fêmur nos planos coronal e transversal e do joelho no plano coronal, demonstrando que as mesmas, quando comparadas aos homens, exigem mais dessa musculatura para o controle desses movimentos.

## **ESTUDO II**

**Relações entre o torque isocinético excêntrico do quadril e joelho e o  
desempenho funcional**

Artigo submetido ao periódico *Journal of Athletic Training* (Anexos III e IV)

**RESUMO**

**Contexto:** Inúmeros programas de treinamento esportivo enfocam o fortalecimento dos músculos do membro inferior objetivando aprimorar o rendimento funcional. Recentemente, atenção especial tem sido dada à musculatura do quadril no cenário esportivo, tanto para a prevenção de lesões musculoesqueléticas quanto para a melhora da performance. Entretanto, nenhum estudo verificou a relação existente entre a ação excêntrica dos músculos do quadril com os resultados obtidos em testes funcionais.

**Objetivo:** Determinar as principais variáveis isocinéticas de torque excêntrico do quadril e joelho (variáveis independentes) capazes de prever o rendimento funcional de mulheres no salto triplo unipodal em distância (STUD) e no salto unipodal de 6 metros cronometrado (SUC) (variáveis dependentes).

**Delineamento experimental:** Estudo de correlação

**Ambiente:** Laboratório de Musculoesquelética.

**Sujeitos:** Trinta e duas voluntárias sadias com idade variando entre 18 e 25 anos.

**Intervenção(s):** As voluntárias realizaram 2 séries de 5 contrações isocinéticas excêntricas máximas da musculatura do quadril (30°/s) e joelho (60°/s) em um dinamômetro isocinético e 3 tentativas máximas do STUD e SUC.

**Principais Medidas:** As variáveis independentes foram o pico de torque isocinético excêntrico máximo (PTIEM) abdutor/adutor e rotador medial/lateral do quadril, assim como, flexor/extensor do joelho, normalizados pela massa corporal (Nm/Kg). As variáveis dependentes foram a distância alcançada no STUD pela altura corporal e o tempo gasto durante a execução do SUC.

**Resultados:** As análises de regressão linear múltipla revelaram que a combinação do PTIEM rotador lateral do quadril, abdutor do quadril e flexor do joelho forneceu a estimativa mais eficiente do rendimento no STUD (65% da variabilidade), enquanto que a

combinação do PTIEM rotador lateral e abdutor do quadril forneceu a estimativa mais eficiente do rendimento no SUC (55% da variabilidade).

**Conclusão:** Maiores valores de torque excêntrico rotador lateral e abdutor do quadril, assim como, flexor do joelho, obtidos pelas voluntárias refletiram em melhor desempenho no STUD e SUC. Assim, a ação excêntrica desses músculos deveria ser considerada no desenvolvimento de programas de treinamento físico que objetivam o aumento do rendimento funcional.

**Palavras chaves:** Biomecânica, desempenho atlético, extremidade inferior, torque.

## 1 – INTRODUÇÃO

Em muitos programas de treinamento esportivo, o fortalecimento dos músculos do membro inferior é exaustivamente realizado com o objetivo de melhorar o desempenho funcional dos atletas. Acredita-se que a força e a potência muscular possam influenciar no desempenho de atividades de agilidade, as quais envolvam a rápida aceleração do centro de massa, assim como, na execução de atividades de salto (KRAEMER *et al.*, 1998). Devido a pouca disponibilidade de recursos que mensurem diretamente a função muscular, como os dinamômetros isocinéticos, meios alternativos tem sido propostos na literatura para essa finalidade. Em decorrência das suas similaridades com alguns gestos esportivos, testes funcionais são amplamente utilizados no campo esportivo como ferramenta para estimar a função (força e potência) dos músculos do membro inferior (ANDERSON *et al.*, 1991; GREENBERGER & PATERNO, 1995; HAMILTON *et al.*, 2008).

Embora alguns estudos tenham encontrado altas correlações entre a força de alguns grupos musculares do membro inferior e o desempenho em testes funcionais (GREENBERGER & PATERNO, 1995; HAMILTON *et al.*, 2008), não há um consenso na literatura quanto à verdadeira relação existente entre essas variáveis. Isso se deve, principalmente, aos estudos que verificaram fracas correlações entre a força do quadríceps e os valores encontrados em diversas atividades, como saltos horizontais (PINCIVERO *et al.*, 1997), verticais (ANDERSON *et al.*, 1991) e corrida de curta duração (ANDERSON *et al.*, 1991; CRONIN & HANSEN, 2005). Em decorrência desses achados, alguns autores acreditam que a força muscular avaliada individualmente possui contribuição restrita para a estimativa da performance (GREENBERGER & PATERNO, 1995) e que talvez somente o

torque do quadríceps não seja o melhor preditor do rendimento funcional (GUSKIEWICZ *et al.*, 1993).

Tal premissa é fundamentada por Robertson & Fleming (1987) os quais relataram que os músculos extensores do quadril foram os principais geradores de torque na fase de propulsão do salto vertical e por outros autores que verificaram correlação negativa do torque isocinético extensor (GUSKIEWICZ *et al.*, 1993) e abductor do quadril (WESSEL *et al.*, 2001) e o tempo gasto em testes de agilidade. Ainda, há estudos que verificaram uma forte correlação positiva entre os valores de carga suportados durante um exercício de agachamento e a altura alcançada no salto vertical, sugerindo uma importante ação muscular multiarticular na geração de potência necessária para a realização da atividade proposta (WISLØFF *et al.*, 2004). Assim, talvez uma análise global, com a mensuração da força de diversos grupos musculares do membro inferior, reflita melhor a influência dessas variáveis no desempenho funcional.

Atualmente, muitas disfunções ortopédicas na articulação do joelho, como as rupturas do ligamento cruzado anterior (LCA) e a síndrome da dor femoropatelar (SDFP) tem sido relacionadas a um déficit da ação excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril (JACOBS *et al.*, 2005; BOLING *et al.*, 2009), pois hipotetiza-se que esses músculos atuando excêntrica promovem estabilização dinâmica do joelho nos planos coronal e transversal, respectivamente. Alguns estudos que, entre outras medidas, focaram o fortalecimento dessa musculatura com intuito preventivo (LEPHART *et al.*, 2005; MYER *et al.*, 2006; CHAPPELL & LIMPISVASTI, 2008) verificaram mudanças favoráveis do padrão de movimento do membro inferior (diminuição do valgo dinâmico do joelho) (LEPHART *et al.*, 2005; CHAPPELL & LIMPISVASTI, 2008) e melhora da performance dos voluntários (MYER *et al.*, 2006), refletindo as funções preventivas e



funcionais desses grupos musculares. Porém, os estudos verificando a relação existente entre o desempenho funcional e a força desses músculos ainda são escassos (KEA *et al.*, 2001; WESSEL *et al.*, 2001), não havendo trabalhos que estudaram o papel da ação excêntrica dos músculos do quadril sobre o rendimento funcional.

Dessa forma, com o intuito de incrementar a prescrição do treinamento físico que objetiva a melhora da performance atlética e concomitantemente auxilia na prevenção de lesões no joelho, torna-se fundamental elucidar a contribuição da ação excêntrica dos músculos do quadril e joelho no desempenho em atividades funcionais. Assim, os objetivos desse trabalho foram (a) examinar a existência de relação entre o pico de torque isocinético excêntrico máximo (PTIEM) abductor/adutor e rotador lateral/medial do quadril, assim como, extensor/flexor do joelho e o desempenho das voluntárias em dois testes funcionais, o salto triplo unipodal em distância (STUD) e o salto unipodal de 6 metros cronometrado (SUC) e (b) verificar se uma ou mais das variáveis isocinéticas avaliadas conseguem prever o rendimento nas atividades funcionais propostas.

## **2 – MÉTODOS**

### **2.1 - Delineamento do estudo**

Nós realizamos um estudo de correlação para verificar possíveis interações entre o torque excêntrico dos músculos do quadril e joelho e o desempenho no STUD e no SUC. Além disso, elaboramos dois modelos de regressão linear múltiplo para prever o desempenho das atividades funcionais através das variáveis isocinéticas estudadas.

Todos os testes foram realizados no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT) da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar.

### **2.2 – Participantes**

Nós recrutamos para esse estudo trinta e cinco voluntárias sadias. Os critérios de inclusão foram: ser ativa fisicamente (participação em exercícios regulares com frequência mínima de três vezes por semana durante o mínimo de 30 minutos), não participar de competições organizadas, possuir Índice de Massa Corporal (IMC) variando entre 18 e 26 e completar com sucesso todos os testes funcionais e isocinéticos. Os critérios de exclusão foram: presença de doença cardiovascular, respiratória, vestibular, neurológica e metabólica referida pelas voluntárias; presença de lesões ósseas, articulares e ligamentares e/ou cirurgia prévia nos membros inferiores; e presença de dor nas articulações do quadril, joelho e tornozelo durante a prática de atividade física (APÊNDICE I).

Durante a coleta dos dados, três voluntárias não conseguiram realizar todos os testes isocinéticos em decorrência da presença de dor inespecífica no joelho, sendo excluídas da amostra por não completarem o procedimento de avaliação. Dessa forma, trinta e duas

voluntárias foram alocadas para as análises estatísticas que envolveram os testes isocinéticos e funcionais.

Todas as voluntárias assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE III) previamente ao início das avaliações e todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (ANEXO V).

### 2.3 – Procedimentos

Anteriormente às avaliações funcional e isocinética, nós coletamos as informações demográficas das voluntárias referentes à idade, altura, massa corporal (Tabela 1), nível de atividade física e dominância do membro inferior. Nós definimos o membro dominante como sendo aquele preferido pelas voluntárias para chutar uma bola o mais longe possível. Todos os testes foram realizados nesse membro, pois acreditamos que ele reflita melhor a força e potência muscular máxima das voluntárias. Em seguida, as voluntárias foram submetidas a uma avaliação física realizada por um fisioterapeuta (R. M. B.), que selecionou as participantes de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.

**Tabela 1.** Características demográficas das voluntárias

	Média	Desvio Padrão	Varição
Idade (anos)	20,3	1,7	18,0 – 25,0
Altura (cm)	163,7	6,4	150,0 – 173,0
Massa corporal (kg)	59,3	6,1	50,3 – 72,0
Índice de Massa Corporal	22,1	1,9	18,4 – 25,8

**Avaliação Funcional.** Anteriormente à execução da avaliação funcional, as voluntárias realizaram um aquecimento prévio composto por caminhada em esteira (*BH Fitness Explorer Proaction*) durante 5 minutos em uma velocidade de 4,5 km/h e alongamento dos músculos da coxa. Em seguida, foram submetidas a um período de familiarização composto por três tentativas de cada teste funcional. Com intuito de minimizar a possível influência de um teste sobre o outro, foi realizada a aleatorização dos mesmos por meio de sorteio, para cada voluntária.

Para a mensuração da distância no STUD, uma fita métrica padrão foi fixada no solo, perpendicular à linha de início do teste, enquanto que um cronômetro digital progressivo (*Cronobio SW2018*) foi utilizado para a mensuração do tempo de execução do SUC. Em ambos os testes, as voluntárias se posicionaram em apoio unipodal sobre o membro dominante, com os membros superiores posicionados atrás do corpo para impedir a contribuição do balanço dos braços durante a atividade (aumentando a demanda funcional sobre o membro inferior em análise) e com o hálux posicionado imediatamente atrás à linha de início do teste. Para a execução do STUD as voluntárias foram instruídas a realizar três saltos unipodais consecutivos máximos e a manter o equilíbrio na última aterrissagem por pelo menos dois segundos, antes de colocar o pé contra-lateral no solo. Em relação ao SUC, as voluntárias foram instruídas a percorrer a distância estabelecida (6 metros) realizando saltos unipodais consecutivos o mais rápido possível e a cruzar a demarcação final sem desacelerar em qualquer momento do teste.

Os testes foram repetidos quando as voluntárias utilizavam os braços como estratégia de propulsão e quando houvesse perda de equilíbrio durante a sua execução. Foram realizadas três tentativas válidas de cada teste, sendo utilizado para a análise estatística a maior distância obtida durante o STUD normalizado pela altura corporal e o

menor tempo obtido durante o SUC. Todas as avaliações funcionais foram conduzidas pelo mesmo avaliador (D. F. M. L.) em um protocolo similar ao utilizado por Bolgia & Keskula (1997) que apresentou coeficientes de correlação intraclasse intra-avaliador aceitáveis.

**Avaliação Isocinética.** A avaliação do PTIEM abdutor/adutor e rotador lateral/medial do quadril, assim como, extensor/flexor do joelho, foi realizada no Dinamômetro Isocinético (*Biodex Multi-Joint System 2, Biodex Medical Incorporation, New York, NY, USA*) em um intervalo de tempo que variou de 48 a 96 horas após a avaliação funcional. Previamente ao início dos testes, as voluntárias realizaram um aquecimento semelhante ao descrito anteriormente, acrescido do alongamento dos músculos abdutores/adutores e rotadores medias/laterais do quadril. Em seguida, as avaliações do PTIEM abdutor/adutor e rotador lateral/medial do quadril, assim como, extensor/flexor do joelho, foram conduzidas de maneira aleatória (sorteio) para cada voluntária. Se a avaliação iniciasse pelo teste do PTIEM abdutor/adutor do quadril, as voluntárias eram posicionadas em decúbito lateral, com o membro inferior avaliado paralelo ao solo e em posição neutra de flexo/extensão e rotação medial/lateral do quadril, mantendo o joelho em completa extensão. O eixo mecânico de rotação do dinamômetro foi alinhado a um ponto representando a intersecção de duas linhas. Uma linha direcionada inferiormente da espinha ilíaca pósterio superior em sentido ao joelho, e a outra linha orientada medialmente e posteriormente ao trocânter maior do fêmur na direção da linha média do corpo. A plataforma de resistência do dinamômetro foi posicionada lateralmente à coxa do membro inferior avaliado, 5 cm acima da base superior da patela. A estabilização do tronco e do membro inferior não avaliado foi realizada por meio de 2 cintos, um proximalmente à crista ilíaca e o outro no pé, respectivamente. As voluntárias foram instruídas a manter o hálux direcionado horizontalmente e a não flexionar o joelho durante

o teste. A amplitude de movimento do teste foi de 30 graus, partindo de 0 (posição neutra) a 30 graus de abdução do quadril.

As voluntárias realizaram uma familiarização composta por uma série de 5 contrações submáximas e uma série de 2 contrações máximas isocinéticas excêntricas recíprocas, com um intervalo de um minuto entre as séries. Após um minuto do término da familiarização, as voluntárias realizaram 2 séries de 5 repetições consecutivas máximas, com um período de descanso de 3 minutos entre as séries. Em seguida, se fosse a avaliação do PTIEM rotador lateral/medial do quadril, as voluntárias eram posicionadas sentadas, com os joelhos e quadris fletidos a 90° e em posição neutra de adução/abdução, e o quadril do membro inferior avaliado na posição de 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 4 cintos, sendo dois diagonais que cruzam o tronco, um pélvico e outro no terço distal da coxa. A amplitude de movimento do teste foi 30 graus, partindo de 10 graus de rotação medial a 20 graus de rotação lateral do quadril. A velocidade angular das avaliações dos movimentos do quadril foi de 30°/s. Por fim, a avaliação do PTIEM extensor/flexor do joelho também era realizada na posição sentada, com joelhos e quadris fletidos a 90° e em posição neutra de adução/abdução e rotação medial/lateral. O eixo mecânico de rotação do dinamômetro foi alinhado ao epicôndilo lateral do fêmur e a plataforma de resistência foi posicionada 5 cm acima do maléolo lateral. A estabilização do indivíduo foi idêntica à avaliação do PTIEM rotador lateral/medial do quadril. A amplitude de movimento do teste foi de 70 graus, partindo de 90 graus de flexão (0° extensão completa) a 20 de flexão do joelho, sendo a velocidade angular de 60°/s.

Encorajamento verbal foi fornecido para estimular todas as voluntárias a produzir o máximo torque excêntrico. Para corrigir a influência da gravidade sobre os dados adquiridos de torque, o membro das voluntárias foi pesado em cada teste conforme instruções do manual de operações do equipamento utilizado, sendo os resultados então corrigidos automaticamente pelo software de aquisição. Para a análise estatística, utilizamos o PTIEM de cada movimento realizado, o qual poderia estar presente tanto na primeira série quanto na segunda, normalizado pela massa corporal (Nm/Kg). Todas as avaliações isocinéticas foram realizadas pelo primeiro autor (R. M. B) em um protocolo similar ao utilizado em estudos prévios publicados pelo nosso laboratório, que apresentaram bons índices de reprodutibilidade (NAKAGAWA *et al.*, 2008; BALDON *et al.*, 2009).

#### **2.4 - Análise Estatística**

Nós obtivemos valores descritivos (médias, desvios-padrão e intervalos de variação) para cada variável e calculamos os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis dependentes (STUD e SUC) e independentes (PTIEM abdutor, adutor, rotador lateral e medial do quadril, e flexor e extensor do joelho). Os coeficientes de correlação foram interpretados da seguinte forma: 0,00-0,19 = insignificante, 0,20-0,39 = baixa, 0,40-0,69 = moderada, 0,70-0,89 = alta, e 0,90-1,00 = muito alta (WEBER & LAMB, 1970). Quando duas variáveis independentes demonstraram um coeficiente de correlação de 0,65 ou maior, uma das duas foi retirada do modelo para evitar erros oriundos da multicolinearidade. Uma análise de regressão múltipla foi então realizada para determinar as principais variáveis preditivas para ambos os testes funcionais. O nível de significância utilizado para as variáveis independentes entrarem ou serem removidas do modelo foi 0,05.

### 3 – RESULTADOS

A Tabela 2 reporta a estatística descritiva das variáveis estudadas. A Tabela 3 lista os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis independentes e o STUD e o SUC. Um resumo dos passos da análise de regressão linear múltipla para ambos os testes funcionais estão presentes nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 2.** Distância do salto triplo (cm) normalizado pela altura (cm), tempo do salto unipodal de 6 metros (centésimo de segundo), pico de torque isocinético excêntrico máximo (PTIEM) abdutor, adutor, rotador medial e lateral do quadril e extensor e flexor do joelho normalizado pela massa corporal (Nm/kg)

Variáveis	Média ± DP	Variação
Distância do salto triplo unipodal	2,19 ± 0,26	1,67 – 2,72
Tempo do salto unipodal de 6 metros	232,70 ± 27,76	180 – 275
PTIEM abdutor do quadril	1,32 ± 0,19	1,01 – 1,84
PTIEM adutor do quadril	2,02 ± 0,24	1,58 – 2,6
PTIEM rotador lateral do quadril	0,82 ± 0,14	0,58 – 1,22
PTIEM rotador medial do quadril	1,53 ± 0,35	0,88 – 2,25
PTIEM extensor do joelho	3,48 ± 0,52	2,42 – 4,46
PTIEM flexor do joelho	1,43 ± 0,18	1,05 – 1,83

Todas as variáveis isocinéticas foram significativamente correlacionadas com STUD, exceto o PTIEM adutor do quadril. O STUD teve alta correlação positiva com o PTIEM rotador lateral do quadril e moderada correlação positiva com o PTIEM abdutor e rotador medial do quadril, assim como, com o PTIEM flexor e extensor do joelho (Tabela 3).



**Tabela 3.** Coeficientes de correlação de Pearson para a distância do salto triplo unipodal (cm) normalizado pela altura corporal (cm) (STUD) e o tempo de execução do salto unipodal de 6 metros (centésimos de segundo) (SUC) com o pico de torque isocinético excêntrico máximo (PTIEM) abdutor, adutor, rotador lateral e medial do quadril e extensor e flexor do joelho normalizado pela massa corporal (Nm/kg)

	STUD	SUC	PTIEM abdutor do quadril	PTIEM adutor do quadril	PTIEM rotador lateral do quadril	PTIEM rotador medial do quadril	PTIEM extensor do joelho	PTIEM flexor do joelho
STUD	1,00	-0,73 <sup>a</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,26	0,72 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>
SUC		1,00	-0,55 <sup>a</sup>	-0,39 <sup>a</sup>	-0,68 <sup>a</sup>	-0,54 <sup>a</sup>	-0,30	-0,42 <sup>a</sup>
PTIEM abdutor do quadril			1,00	0,68 <sup>a</sup>	0,36 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	0,21	0,25
PTIEM adutor do quadril				1,00	0,20	0,38 <sup>a</sup>	0,40 <sup>a</sup>	0,30
PTIEM rotador lateral do quadril					1,00	0,65 <sup>a</sup>	0,30	0,52 <sup>a</sup>
PTIEM rotador medial do quadril						1,00	0,28	0,47 <sup>a</sup>
PTIEM extensor do joelho							1,00	0,48
PTIEM flexor do joelho								1,00

<sup>a</sup> Indica  $P < .05$

Todas as variáveis de torque foram correlacionadas significativamente com o SUC, exceto o PTIEM extensor do joelho. O SUC apresentou moderada correlação negativa com o PTIEM abductor, rotador lateral e medial do quadril, assim como, com o PTIEM flexor do joelho, e baixa correlação negativa com o PTIEM adutor do quadril (Tabela 3). Houve coeficientes de correlação de 0,65 ou maior entre duas variáveis independentes. Assim, convenientemente, as variáveis PTIEM rotador medial e adutor do quadril foram retirados de ambos os modelos.

Os resultados da análise de regressão revelaram que enquanto somente o PTIEM rotador lateral do quadril respondeu por 51% da variabilidade do STUD e 45% da variabilidade do SUC, a combinação do PTIEM rotador lateral do quadril com o PTIEM abductor do quadril e flexor do joelho no STUD ( $R = 0,82$ ,  $R^2 = 0,68$ ,  $R^2$  ajustado = 0,65,  $F_{3,28} = 20,50$ ,  $P < 0,0001$ ) (Tabela 4) e com o PTIEM abductor do quadril para o SUC ( $R = 0,76$ ,  $R^2 = 0,58$ ,  $R^2$  ajustado = 0,55,  $F_{2,29} = 12,74$ ,  $P < 0,0001$ ) (Tabela 5) providenciaram a estimativa mais eficiente para esses testes, respectivamente. Enquanto que a variável PTIEM extensor do joelho não entrou em nenhum dos modelos de regressão, a variável PTIEM flexor do joelho não entrou no modelo de regressão do SUC, uma vez que não alcançaram um nível de significância menor que 0,05, necessário para entrar nos modelos de regressão.

**Tabela 4.** Resultado da análise de regressão das variáveis independentes estimando a distância do salto triplo unipodal pela altura corporal

Variáveis independentes	Parâmetro estimado	Erro Padrão	P <sup>d</sup>
Passo 1 <sup>a</sup>			
Pico de torque rotador lateral do quadril	1,32	0,22	< ,0001
Passo 2 <sup>b</sup>			
Pico de torque rotador lateral do quadril	1,09	0,21	< ,0001
Pico de torque abdutor do quadril	0,45	0,16	,009
Passo 3 <sup>c</sup>			
Pico de torque rotador lateral do quadril	0,84	0,23	,001
Pico de torque abdutor do quadril	0,43	0,15	,009
Pico de torque flexor do joelho	0,39	0,17	,03

<sup>a</sup> R<sup>2</sup> ajustado = 0,51, P < ,0001 (para o modelo nesse passo)

<sup>b</sup> R<sup>2</sup> ajustado = 0,60, P < ,0001 (para o modelo nesse passo)

<sup>c</sup> R<sup>2</sup> ajustado = 0,65, P < ,0001 (para o modelo nesse passo)

<sup>d</sup> Para cada variável em cada passo

**Tabela 5.** Resultado da análise de regressão das variáveis independentes estimando o tempo de execução do salto unipodal de 6 metros

Variáveis independentes	Parâmetro estimado	Erro Padrão	P <sup>c</sup>
Passo 1 <sup>a</sup>			
Pico de torque rotador lateral do quadril	-129,46	25,60	<,0001
Passo 2 <sup>b</sup>			
Pico de torque rotador lateral do quadril	-105,89	24,57	,0001
Pico de torque abductor do quadril	-50,84	18,28	,009

<sup>a</sup> R<sup>2</sup> ajustado = 0,45, P < ,0001 (para o modelo nesse passo)

<sup>b</sup> R<sup>2</sup> ajustado = 0,55, P < ,0001 (para o modelo nesse passo)

<sup>c</sup> Para cada variável em cada passo

## 4 – DISCUSSÃO

A função dos músculos do quadril na geração de energia propulsora para a execução de atividades funcionais tem sido relatada em alguns estudos (ROBERTSON & FLEMING, 1987; GUSKIEWICZ *et al.*, 1993; FORD *et al.*, 2009). Além disso, há trabalhos sugerindo a importância da ação excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril no controle do valgo dinâmico do joelho e, conseqüentemente, na prevenção de lesões nessa articulação (JACOBS *et al.*, 2005; BALDON *et al.*, 2009; BOLING *et al.*, 2009). Portanto, o propósito desse estudo foi verificar a relação existente entre o torque excêntrico do quadril e joelho e o desempenho em testes funcionais, uma vez que a partir desses resultados seria possível prescrever exercícios tanto com o intuito preventivo quanto focado na melhora do desempenho funcional do atleta.

Nossos resultados demonstraram que a ação excêntrica da musculatura do quadril, em especial dos rotadores laterais e abdutores, contribuíram de maneira significativa para a predição do rendimento nas atividades funcionais realizadas. Verificamos que quanto maiores os valores de PTIEM rotador lateral e abductor do quadril maiores foram as distâncias alcançadas no STUD e menores foram os tempos gastos no SUC. Ainda, verificamos a mesma colaboração da ação excêntrica flexora do joelho na predição do STUD e ausência de participação do torque excêntrico extensor do joelho em ambos os modelos de regressão. Devido à ausência de trabalhos que estudaram a função excêntrica da musculatura do quadril e do joelho sobre o rendimento funcional, não foi possível a realização de comparações diretas. Dessa forma, utilizamos na discussão, trabalhos que

estudaram a ação concêntrica e isométrica desses músculos, além de formularmos algumas hipóteses a respeito do papel da ação excêntrica sobre a performance funcional.

### **Torque rotador lateral do quadril**

Os maiores valores de correlação e predição para os testes funcionais avaliados nas mulheres foi o PTIEM rotador lateral do quadril. Alguns estudos na literatura tem associado o déficit da ação excêntrica desse grupo muscular com o desenvolvimento de disfunções na articulação do joelho devido a um possível mal-alinhamento do membro inferior durante a realização de atividades dinâmicas (MASCAL *et al.*, 2003; POWERS, 2003). Leetun *et al.* (2004) ao acompanharem atletas ao longo de dois anos, relataram que a fraqueza dos músculos rotadores laterais do quadril foi um importante fator de predição para a instalação de lesões na coluna e no membro inferior. Em concordância com Boling *et al* (2009), acreditamos que um déficit da função excêntrica dos rotadores laterais do quadril contribua para o aumento da rotação medial do fêmur durante a fase de aterrissagem do salto e, conseqüentemente, para a posição em valgo dinâmico do joelho. Hipotetizamos que essa posição, além de predispor às rupturas do LCA e à instalação da SDFP, poderia reduzir a ação extensora dos músculos do quadril (glúteo máximo e isquiotibiais) e do joelho (quadríceps) durante a fase de propulsão do salto, uma vez que os vetores de força desses músculos responsáveis por acelerar o centro de massa no plano sagital não estariam mais atuantes somente nesse plano, mas sim, decompostos nos planos sagital e coronal. Porém, acreditamos que seja necessária a realização de pesquisas verificando a possível relação entre o alinhamento do membro inferior com o desempenho em atividades funcionais.

Ainda, uma vez que o músculo glúteo máximo contribui com a rotação lateral do quadril (DELP *et al.*, 1999), acreditamos que ele tenha colaborado com os valores de torque

obtidos durante a realização do teste isocinético para esse grupo muscular. Por ser o principal extensor do quadril e o principal responsável pela geração de força propulsora requerida durante a execução de atividades de salto (ROBERTSON & FLEMING, 1987), é fundamental para o desempenho das atividades funcionais avaliadas. Guskiewicz *et al.* (1993) verificaram correlação negativa entre o torque concêntrico extensor do quadril com um teste de corrida de curta duração ( $r = -0.56$ ), sugerindo que a ação concêntrica do glúteo máximo é uma importante preditora do rendimento em atividades de corrida que possuem alta demanda energética.

De acordo com Simonsen *et al.* (1985), a musculatura extensora do quadril, em especial o glúteo máximo e os isquiotibiais, produzem um grande trabalho excêntrico durante os últimos dois terços da fase aérea da corrida para desacelerar a coxa e a perna. Essa ação levaria tanto a uma potencialização muscular quanto a um acúmulo de energia elástica (CHMIELEWSKI *et al.*, 2006) a qual otimizaria a extensão do quadril (ação concêntrica) durante a fase de contato com o solo. Embora não tenhamos utilizado a corrida como teste, acreditamos que as voluntárias com maiores valores de PTIEM rotador lateral do quadril tiveram melhor desempenho no término da fase aérea e no início da fase de aterrissagem, quando esse grupo muscular estava atuando excentricamente, potencializando a propulsão e a aceleração do centro de massa corporal no STUD e no SUC, refletindo em melhor desempenho funcional.

Lees *et al.* (2004) verificaram a contribuição individual dos músculos extensores do tornozelo, joelho e quadril na geração do trabalho necessário para realizar o salto vertical em baixa, alta e máxima demanda energética. Os resultados demonstraram que a contribuição dos torques extensores do tornozelo e joelho não se alterou nas três condições de esforço, enquanto que o papel do torque extensor do quadril (representado

principalmente pela ação do glúteo máximo) aumentou conforme a maior exigência da atividade, sendo o principal responsável pela energia gerada na condição máxima. Um comportamento similar pode ter ocorrido em nosso estudo, uma vez que as atividades avaliadas apresentaram grande demanda energética, sendo provavelmente gerada pela ação do glúteo máximo. Assim, acreditamos que tanto as ações concêntrica quanto excêntrica do glúteo máximo são fundamentais para o desempenho em atividades funcionais, devendo ser abordadas durante o treinamento físico que objetiva a melhora da performance.

### **Torque abductor e rotador medial do quadril**

Uma possível explicação para a correlação positiva entre o torque excêntrico abductor e rotador medial do quadril com SUTD e negativa com o SUC concerne a manutenção da estabilidade da pelve no plano frontal. Tem sido sugerido que o glúteo médio e o tensor da fáscia lata são os principais responsáveis por impedir a queda da pelve contra-lateral durante a fase de sustentação de peso em atividades como a marcha (HUGHES *et al.*, 2002). Assim, acreditamos que um déficit da função excêntrica abductora e rotadora medial do quadril, representadas principalmente pela ação dos músculos glúteo médio e tensor da fáscia lata, respectivamente, resulte em uma queda da pelve contra-lateral ao membro de apoio durante a fase de sustentação de atividades funcionais.

Quando esses músculos não atuam efetivamente para o controle da pelve no plano coronal, possivelmente um deslocamento do centro de massa do corpo em sentido do membro de apoio possa ocorrer em consequência de uma inclinação lateral compensatória do tronco das voluntárias para esse mesmo lado (HUGHES *et al.*, 2002). Nessa postura, a força peso, a qual deveria estar centrada na pelve e ser contrabalançada pela ação conjunta do glúteo médio e tensor da fáscia lata no plano frontal, e dos músculos extensores do



quadril e joelho no plano sagital, assume uma posição lateralizada, passando a atuar diretamente sobre o membro de apoio. Dessa forma, hipotetizamos que o glúteo máximo, os isquiotibiais e o quadríceps tornar-se-iam sobrecarregados na função de gerar trabalho propulsor necessário para sobrepor à força peso, uma vez que o glúteo médio e o tensor da fáscia lata estariam menos atuantes nessa função em decorrência do deslocamento do centro de massa. Novamente, acreditamos ser necessário a realização de estudos que tentem verificar correlações entre os movimentos do tronco com o desempenho funcional.

Outra explicação plausível para a influência da função excêntrica dos músculos abdutores do quadril no desempenho das atividades de salto relaciona-se com a função dos mesmos no controle dos movimentos do joelho no plano coronal. Claiborne *et al.* (2006) e Jacobs & Mattacola (2005) verificaram uma correlação negativa entre os valores de força dos músculos abdutores do quadril e o valgo dinâmico do joelho durante o agachamento unipodal e a aterrissagem de um salto horizontal, respectivamente. Como a adução do quadril é um dos componentes do valgo dinâmico do joelho, acreditamos que a disfunção excêntrica dos músculos abdutores do quadril possa resultar em um desalinhamento do membro inferior durante a aterrissagem do salto e, dessa forma, desfavorecer a ação extensora dos isquiotibiais e glúteo máximo no quadril e do quadríceps no joelho, em um mecanismo idêntico ao proposto para os músculos rotadores laterais.

Encontramos apenas dois trabalhos na literatura que tentaram correlacionar a força abduutora com o desempenho em atividades funcionais. Wessel *et al.* (1999) verificaram apenas fraca correlação negativa entre a força isométrica abduutora do quadril e o tempo gasto em uma atividade de corrida de curta duração em crianças com artrite. Kea *et al.* (2001) não verificaram correlação entre o torque concêntrico abduutor do quadril com a distância obtida em saltos unipodais laterais em jogadores de hóquei. Acreditamos que as

diferenças metodológicas referentes às atividades avaliadas e as amostras tenham contribuído para as divergências dos resultados. Assim, torna-se evidente a necessidade de novas pesquisas para elucidar a real função, tanto da ação concêntrica quanto excêntrica, desse grupo muscular com a performance em atividades funcionais.

### **Torque flexor e extensor do joelho**

A maioria dos trabalhos da literatura que tentou correlacionar a força individual dos músculos do membro inferior com o desempenho em testes funcionais avaliou os músculos periarticulares do joelho. Porém, resultados conflitantes foram encontrados. Hamilton *et al.* (2008) e Greenberger & Paterno (1995) verificaram altas correlações entre o torque extensor concêntrico do joelho e a distância do salto triplo unipodal e salto unipodal horizontal, respectivamente. Da mesma forma, Newman *et al.* (2004) e Dowson *et al.* (1998) observaram fortes correlações entre o torque concêntrico extensor do joelho e o desempenho em atividades de corrida de curta duração em atletas. Entretanto, outros trabalhos observaram correlações insignificantes entre a ação concêntrica do quadríceps com atividades de salto (ÖSTENBERG *et al.*, 1998; CRONIN & HANSEN, 2005; RAQUENA *et al.*, 2009) e corrida de curta duração (CRONIN & HANSEN, 2005; RAQUENA *et al.*, 2009). Os resultados do nosso estudo demonstraram que o PTIEM extensor, embora tenha apresentado correlação positiva moderada com o desempenho no STUD, não teve relação significativa com rendimento no SUC e não teve poder para ser incluído em nenhuma dos modelos de predição realizados.

Simonsen *et al.* (1985) verificaram que apesar dos músculos extensores do joelho terem sido importantes para realizar a aceleração do centro de massa durante uma atividade de corrida de curta duração, eles tiveram menor contribuição do que os extensores do

quadril. Assim, embora tenhamos correlacionado a ação excêntrica desse grupo muscular em atividades distintas das realizadas por Simonsen *et al.* (1985), acreditamos que o quadríceps possua função restrita na geração de trabalho excêntrico durante a fase de aterrissagem quando comparado aos extensores do quadril, refletindo em baixo armazenamento de energia potencial, a qual otimizaria a fase de propulsão. Dessa forma, mesmo ainda havendo certa discordância na literatura, acreditamos que a função concêntrica do quadríceps contribua de maneira mais significativa para o rendimento dos atletas em atividades funcionais, como observado em estudos prévios (GREENBERGER & PATERNO, 1995; DOWSON *et al.*, 1998; NEWMAN *et al.*, 2004; HAMILTON *et al.*, 2008).

Os nossos resultados também revelaram que o PTIEM flexor do joelho correlacionou-se positivamente com o STUD e negativamente com o SUC, sendo ainda um importante preditor do primeiro. Ainda, verificamos que os coeficientes de correlação foram maiores para os isquiotibiais do que para o quadríceps. Os dados encontrados em nosso estudo são semelhantes aos relatados por Pincivero *et al.* (1997), os quais verificaram maior correlação entre o torque concêntrico flexor do joelho com o salto unipodal em distância, quando comparado ao torque extensor do joelho. Acreditamos que os isquiotibiais, em decorrência da sua ação extensora no quadril seja um importante sinergista do glúteo máximo, possuindo importante ação na aceleração do centro massa corporal, assim como, no armazenamento de energia durante a fase de aterrissagem no solo.

### **Limitações**

Nós reconhecemos que o estudo teve algumas limitações. Embora tenhamos assumido que o glúteo máximo tenha contribuído com os valores do teste isocinético de

rotação lateral do quadril, sabemos que a melhor forma de avaliar a função desse músculo seria durante a avaliação extensora dessa articulação. Outra limitação concerne ao perfil da nossa amostra. Por conveniência, alocamos voluntárias ativas, que realizavam atividade física, porém, não eram atletas. Acreditamos que uma amostra composta por atletas familiarizadas com as atividades avaliadas poderia refletir melhor as correlações existentes entre as variáveis estudadas. Assim, recomendamos estudos futuros que avaliem o torque excêntrico extensor/flexor do quadril em mulheres praticantes de diferentes modalidades esportivas.

## 5 – CONCLUSÃO

Os valores de PTIEM rotador lateral, medial e abdutor do quadril, assim como, flexor e extensor do joelho correlacionaram positivamente com a distância alcançada no STUD e negativamente com o tempo gasto no SUC. Os nossos resultados demonstraram que o torque excêntrico rotador lateral e abdutor do quadril, assim como, flexor do joelho, foram as variáveis que forneceram as melhores estimativas para os testes funcionais. Ainda, verificamos que a ação excêntrica do quadríceps parece ter pouca contribuição com o rendimento das atividades avaliadas. Assim, recomendamos que a ação excêntrica da musculatura do quadril e do joelho seja avaliada durante a prática esportiva e que ênfase seja dada ao fortalecimento dessa musculatura com os objetivos de prevenção de lesões musculoesqueléticas do membro inferior e melhora do desempenho funcional.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A partir dos resultados dos estudos apresentados nessa dissertação podemos considerar que:

- Mulheres apresentam um padrão de movimento do membro inferior diferente do demonstrado pelos homens durante o agachamento unipodal, com maiores excursões de depressão pélvica contra-lateral, adução do fêmur e abdução do joelho. Tal comportamento pode favorecer o desenvolvimento da SDFP nas mulheres, uma vez que a exacerbação desses movimentos está relacionada à imposição de maior sobrecarga na articulação femoropatelar.
- Verificou-se que as mulheres apresentam maiores razões do torque excêntrico adutor/abdutor e rotador medial/lateral do quadril quando comparadas aos homens. Esse desequilíbrio de força entre os músculos responsáveis pela estabilização do quadril pode ser um dos fatores responsáveis pelo padrão de movimento observado nas mulheres.
- A capacidade de geração de torque excêntrico abdutor e rotador lateral do quadril demonstrou ser importante para o controle da depressão pélvica contra-lateral, adução do fêmur e abdução do joelho na amostra composta por ambos os gêneros. Entretanto, quando os gêneros foram analisados individualmente, verificou-se apenas correlação entre essas variáveis cinemáticas e o torque excêntrico abdutor do quadril no grupo de mulheres, demonstrando que as mesmas possuem maior dependência dessa musculatura para o controle dos movimentos do membro inferior.

- O torque excêntrico rotador lateral e abductor do quadril, assim como, flexor do joelho, foram as variáveis que forneceram as melhores estimativas para a predição do rendimento das atividades funcionais avaliadas.

Analisando em conjunto, os resultados da presente dissertação demonstraram que a ação excêntrica dos músculos rotadores laterais e abdutores do quadril são importantes tanto para o controle do alinhamento dinâmico do membro inferior quanto para o desempenho funcional. Assim, sugere-se que ênfase seja dada ao fortalecimento excêntrico dessa musculatura quando se objetiva tanto a prevenção de lesões quanto a melhora do rendimento funcional.

## ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O PERÍODO DO MESTRADO

---

Durante o período de realização das atividades relacionadas ao Mestrado (2008 - 2010) apresentadas nessa dissertação, outras atividades acadêmicas e extra-acadêmicas foram realizadas. Embora não tenha sido possível a apresentação nessa dissertação, dados ainda referentes ao projeto inicial do mestrado intitulado “*Efeito do treino de fortalecimento/estabilização lombo-pélvica sobre as variáveis cinemáticas e isocinéticas do membro inferior de mulheres sadias*” estão sendo analisados. Durante o período compreendido entre o início do 2º semestre de 2008 e o término do 1º semestre de 2009, 16 voluntárias foram submetidas a um protocolo de estabilização lombo-pélvica por 8 semanas, com duração média de 90 minutos, 3 vezes por semana. Concomitantemente, 14 voluntárias que faziam parte do grupo controle foram acompanhadas durante o mesmo período de tempo. Dados referentes à análise cinemática do membro inferior e isocinética dos músculos do quadril e joelho pré e pós-treino estão em fase final de processamento e futuramente serão submetidos a periódicos científicos.

Atividades relacionadas à participação em outros projetos de pesquisa, assim como, co-orientações de trabalhos de Iniciação Científica foram realizadas. Como colaborador do aluno de Doutorado Daniel Ferreira Moreira Lobato, os projetos intitulados “*Efeito da utilização de contraceptivos orais em características cinemáticas e isocinéticas do membro inferior de mulheres sadias*” e “*Comparação do efeito do treino pliométrico com o de fortalecimento/estabilização lombo-pélvica sobre as variáveis cinemáticas e isocinéticas do membro inferior em mulheres sadias*” estão sendo desenvolvidos e se encontram em fase de processamento dos dados. Ainda, a aluna de Iniciação Científica Lívia Pinheiro



Carvalho teve seu trabalho de graduação intitulado “*Comparação do valgo dinâmico do joelho durante o agachamento unipodal e do torque isocinético excêntrico abdutor do quadril entre homens e mulheres sadias*” co-orientado nesse período.

Os estudos referentes ao Trabalho de Iniciação Científica (*Eccentric hip muscle function in females with and without patellofemoral pain syndrome*) e a dissertação de Mestrado de Theresa Helissa Nakagawa (*The effect of additional strengthening of abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study*), no qual o presente aluno participou como colaborador, foram publicados na *Journal of Athletic Training* e *Clinical Rehabilitation*, respectivamente, no período do Mestrado. Esses trabalhos foram os precursores dos estudos referentes à importância da musculatura do quadril na etiopatogênese/tratamento da SDFP e no desempenho funcional realizados no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia – LAIOT da Universidade Federal de São Carlos.

Durante o período compreendido entre o início de 2008 e o término do 2º semestre de 2009, foi concluída a pós-graduação *Lato Sensu* em Fisioterapia Desportiva pela Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Ainda, houve a participação em cursos que contribuíram para a formação acadêmica (“*Análise cinemática 3D baseada em videogrametria*”) e profissional (“*Clinical Neurodynamics*” e “*Reabilitação das lesões do complexo do ombro*”). Por fim, o curso intitulado “*Estabilização lombo-pélvica: Implicação preventiva e terapêutica nas lesões do joelho e coluna lombar*” foi ministrado na Universidade Federal de São Carlos – UFSCar no 2º semestre de 2009.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABDEL-AZIZ, Y.I.; KARARA, H.M. Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry. In: Proceedings of the ASP Symposium on close range photogrammetry; Illinois; 1971. p. 1-18.

ANDERSON, M.A.; CIECK, I.H.; PERRIN, D.; WELTMAN, A.; RUTT, R.; DENEGAR, C. The relationships among isometric, isotonic, and isokinetic concentric and eccentric quadriceps and hamstring force and three components of athletic performance. **J Orthop Sports Phys Ther.** 1991; 14(3): 114-120.

ANDREWS, J.R.; AXE, M.J. The classification of knee ligament instability. **Orthop Clin North Am.** 1985; 16: 69-82.

BALDON, R.M; NAKAGAWA, T.H.; MUNIZ, T.B.; AMORIM, C.F.; MACIEL, C.D.; SERRÃO, F.V. Eccentric hip muscle function in females with and without patellofemoral pain syndrome. **J Athl Train.** 2009; 44(5): 490-496.

BOLGLA, L.; KESKULA, D.R. Reliability of lower extremity functional performance tests. **J Orthop Sports Phys Ther.** 1997; 26(3): 138-142.

BOLING, M.C.; PADUA, D.A.; CREIGHTON, R.A. Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patelofemoral pain. **J Athl Train.** 2009; 44(1): 7-13.

BOLING, M.C.; PADUA, D.A.; MARSHALL, S.W.; GUSKIEWICZ, K.; PYNE, S.; BEUTLER, A. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. **Scand J Med Sci Sports.** 2009 (*In Press*).

CHAPPELL, J.D.; LIMPISVASTI, O. Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. **Am J Sports Med.** 2008; 36(6): 1081-1086.

CHMIELEWSKI, T.L.; MYER, G.D.; KAUFFMAN, D.; TILLMAN, S.M. Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2006; 36(5): 308-319.

CHUMANOV, E.S.; WALL-SCHEFFLER, C.; HEIDERSCHEIT, B.C.; Gender differences in walking and running on level and inclined surfaces. **Clin Biomech.** 2008; 23: 1260-1268.

CLAIBORNE, T.L.; ARMSTRONG, C.W.; GANDHI, V.; PINCIVERO, D.M. Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. **J Appl Biomech.** 2006; 22: 41-50.

COWAN, S.M.; CROSSLEY, K.M. Does gender influence neuromotor control of the knee and hip? **J Electromyogr Kinesiol.** 2009;19(2):276-282.

CRONIN, J.B.; HANSEN, K.T. Strength and power predictors of sports speed. **J Strength Cond Res.** 2005; 19(2): 349-357.

DELP, S.L.; HESS, W.E.; HUNGERFORD, D.S.; JONES, L.C. Variation of rotation moment arms with hip flexion. **J Biomech.** 1999; 32: 493-501.

DIMATTIA, M.A.; LIVENGOOD, A.L.; UHL, T.L.; MATTACOLA, C.G.; MALONE, T.R. What are the validity of the single-leg-squat-test and its relationship to hip-abduction strength? **J Sports Rehabil.** 2005; 14: 108-123.

DOWSON, M.N.; NEVILL, M.E.; LAKOMY, H.K.; NEVILL, A.M.; HAZELDINE, R.J. Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. **J Sports Sci.** 1998; 16: 257:265.

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): 251-255.

FERBER, R.; DAVIS, I.M.; WILLIAMS, D.S; Gender differences in lower extremity mechanics during running. **Clin Biomech.** 2003; 18(4): 350-357.

FIGUEROA, P.J.; LEITE, N.J.; BARROS, R.M. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. **Comput Methods Programs Biomed.** 2003; 72(2): 155-165.

FORD, K.R.; MYER, G.D.; BRENT, J.L.; HEWETT, T.E. Hip and knee extensor moment predict vertical jump height in adolescent girls. **J Strength Cond Res.** 2009; 23(4): 1327-1331.

FORD, K.R.; MYER, G.D.; HEWETT, T.E. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. **Med Sci Sports Exerc.** 2003; 35(10): 1745-1750.

FORD, K.R.; MYER, G.D.; SMITH, R.L.; VIANELLO, R.M.; SEIWERT, S.L.; HEWETT, T.E. A comparison of dynamic coronal plane excursion between matched male and female athletes when performing single leg landings. **Clin Biomech.** 2006; 21: 33-40.

FORD, K.R.; MYER, G.D.; TOMS, H.E.; HEWETT, T.E. Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. **Med Sci Sports Exerc.** 2005; 37(1): 124-129.

FULKERSON, J.P. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. **Am J Sports Med.** 2002; 30(3): 447-456.

GREENBERGER, H.B.; PATERNO, M.V. Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. **J Orthop Sports Phys Ther.**1995; 22(5): 202-206.

GROOD, E.S.; SUNTAY, W.J. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: Application to the knee. **J Biomech Eng.** 1983; 105(2): 136-144.

GUSKIEWICZ K.; LEPHART S.; BURKHOLDER R. The relationship between sprint speed and hip flexion/extension strength in collegiate athletes. **Isokin Exer Sci.** 1993; 3(2): 111-116.

HAMILTON, R.T.; SHULTZ, S.J.; SCHMITZ, R.J.; PERRIN, D.H. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. **J Athl Train.** 2008; 43(2): 144-151.

HEWETT, T.E.; FORD, K.R.; MYER, G.D.; WANSTRATH, K.; SCHEPER, M. Gender differences in hip adduction motion and torque during a single-leg agility maneuver. **J Orthop Res.** 2006; 24(3): 416-421.

HEWETT, T.E.; MYER, G.D.; FORD, K.R.; ET AL. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. **Am J Sports Med.** 2005; 33(4): 492-500.

HOLLMAN, J.H.; GINOS, B.E.; KOZUCHOWSKI, J.; VAUGHN, A.S.; KRAUSE, D.A.; YODAS, J.W. Relationships between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during single-limb step-down. **J Sports Rehabil.** 2009; 18: 104-117

HUBERTI, H.H.; HAYES, W.C. Patellofemoral contact pressures. The influence of Q-angle and tendofemoral contact. **J Bone Joint Surg Am.** 1984; 66: 715-724.

HUGHES, P.E.; HSU, J.C.; MATAVA, M.J. Hip Anatomy and Biomechanics in the Athlete. **Sports Med Arthrosc Review.** 2002; 10: 103-114.

HURD, W.J.; CHMIELEWSKI, T.L.; AXE, M.J.; DAVIS, I.; SNYDER-MACKLER, L. Differences in normal and perturbed walking kinematics between male and female athletes. **Clin Biomech.** 2004; 19: 465-472.

IRELAND, M.L. Anterior cruciate ligament injury in female athletes: Epidemiology. **J Athl Train.** 1999; 34(2): 150-154.

JACOBS, C.A.; MATTACOLA, C.G. Sex differences in eccentric hip-abductor strength and knee-joint kinematics when landing from a jump. **J Sports Rehabil.** 2005; 14: 346-355.

JACOBS, C.A.; UHL, T.L.; MATTACOLA, C.G.; SHAPIRO, R.; RAYENS, W.S. Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: Sex differences. **J Athl Train.** 2007; 42(1): 76-83.

KEA, J.; KRAMER, J.; FORWELL, L.; BIRMINGHAM, T. Hip abduction-adduction strength and one-leg hop tests: Test-retest reliability and relationship to function in elite ice hockey players. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2001; 31(8): 446-455.

KERNOZEK, T.W.; TORRY, M.R.; VAN HOOFF, H.; COWLEY, H.; TANNER, S. Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. **Med Sci Sports Exerc.** 2005; 37(6): 1003-1012.

KRAEMER, W.; DUNCAN, N.D.; VOLEK, J.S. Resistance training and elite athletes: Adaptations and program considerations. **J Orthop Sports Phys Ther.** 1998; 28(2): 110-119.

LEE, T.Q.; ANZEL, S.H.; BENNETT, K.A.; PANG, D.; KIM, W.C. The influence of fixed rotation deformities of the femur on the patellofemoral contact pressures in human cadaver knees. **Clin Orthop Relat Res.** 1994; (302): 69-74.

LEES, A.; VANRENTERGHEM, J.; CLERCQ, D.D. The maximal and submaximal vertical jump: Implications for strength and conditioning. **J Strength Cond Res.** 2004; 18(4): 787-791.

LEETUN, D.T.; IRELAND, M.L.; WILLSON, J.D.; BALLANTYNE, B.T.; DAVIS, I.M. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. **Med Sci Sports Exer.** 2004; 36(6): 926-934.



LEPHART, S.M.; ABT, J.P. ; FERRIS, C.M. ; ET AL. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a Plyometric versus basic resistance program.

**Br J Sports Med.** 2005; 39: 932-938.

LEPHART, S.M.; FERRIS, C.M.; RIEMANN, B.L.; MYERS, J.B.; FU, F.H. Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. **Clin Orthop Relat Res.** 2002; (401): 162-169.

LYONS, K.; PERRY, J.; GRONLEY, J.K.; 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: 1597-1605.

MALINZAK, R.A.; COLBY, S.M.; KIRKENDALL, D.T.; YU, B.; GARRETT, W.E. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. **Clin Biomech.** 2001; 16: 438-445.

MASCAL, C.L.; LANDEL, R.; POWERS, C. Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 cases reports. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2003; 33(11): 647-660.

MYER, G.D.; FORD, K.R.; BRENT, J.L.; HEWETT, T.E. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance and landing force in female athletes. **J Strength Cond Res.** 2006; 20(2): 345-353.

MYER, G.D.; FORD, K.R.; HEWETT, T.E. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. **J Athl Train.** 2004; 39(4): 352-364.

NAKAGAWA, T.H.; MUNIZ, T.B.; BALDON, RDE. M.; DIAS MACIEL, C., DE MENEZES REIFF, R.B.; SERRÃO, F.V. 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(11): 1051-1060.

NEWMAN, A.; TARPENNIG, K.M.; MARINO, F.E. Relationship between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. **J Strength Cond Res.** 2004; 18(4): 867-872.

NGUYEN, A.D.; BOLING, M.C.; LEVINE, B.; SHULTZ, S.J. Relationships between lower extremity alignment and the quadriceps angle. **Clin J Sport Med.** 2009; 19(3): 201-206.

ÖSTENBERG, A.; ROOS, E.; EKDAHL, C.; ROOS, H. Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. **Scand J Med Sci Sports.** 1998; 8: 257-264.

PINCIVERO, D.M.; LEPHART, S.M.; KARUNAKARA, R.G. Relation between open and closed kinematic chain assessment of knee strength and functional performance. **Clin J Sport Med.** 1997; 7(1): 11-16.

POLLARD, C.D.; SIGWARD, S.M.; POWERS, C.M. Gender differences in hip joints kinematics and kinetics during side-step cutting maneuver. **Clin J Sport Med.** 2007; 17(1): 38-42.

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

POWERS, C.M. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2003; 33(11): 639-646

RAQUENA, B.; GONZÁLEZ-BADILLO, J.J.; DE VILLAREAL, E.S.; ET AL. Functional performance, maximal strength, and power characteristics in isometric and dynamic actions of lower extremities in soccer players. **J Strength Cond Res.** 2009; 23(5): 1391-1401.

ROBERTSON, D.G.; FLEMING, D. Kinetics of standing broad and vertical jumping. **Can J Sport Sci.** 1987; 12(1): 19-23.

RUSSELL, K.A.; PALMIERI, R.M.; ZINDER, S.M.; INGERSOLL, C.D. Sex differences in valgus knee angle during a single leg drop jump. **J Athl Train.** 2006; 41(2): 166-171.

SIMONSEN, E.B.; THOMSEN, L.; KLAUSEN, K. Activity of mono-and-biarticular leg muscle during sprint running. **Eur J Appl Physiol.** 1985; 54: 524-532.

TAUNTON, J.E.; RYAN, M.B.; CLEMENT, D.B.; MCKENZIE, D.C.; LLOYD-SMITH, D.R.; ZUMBO, D.B. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. **Br J Sports Med.** 2002; 36: 95-101.

THIJS, Y.; TIGGELEN, D.V.; WILLEMS, T.; DE CLERCQ, D.; WITVROUW, E. Relationship between hip strength and frontal plane posture of the knee during a forward lunge. **Br J Sports Med.** 2007; 41: 723-727.

WALLACE, B.J.; KERNOZEK, W.; MIKAT, R.P.; WRIGHT, G.A.; SIMONS, S.Z.; WALLACE, K.L. A comparison between back squat exercise and vertical jump kinematics: Implications for determining anterior cruciate ligament injury risk. **J Strength Cond Res.** 2008; 22(4): 1249-1258.

WEBER, J.C.; LAMB, D.R. *Statistics and Research in Physical Education.* St. Louis, C.V. Mosby, 1970

WESSEL, J.; KAUP, C.; FAN, J.; ET AL. Isometric strength measurements in children with arthritis: Reliability and relation to function. **Arthritis Care Res.** 1999; 12(4): 238-246.

WILLSON, J.D.; DAVIS, I. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. **Clin Biomech.** 2008; 23(2): 203-211.

WILLSON, J.D.; IRELAND, M.L.; DAVIS, I. Core Strength and lower extremity alignment during single leg squats. **Med Sci Sports Exerc.** 2006; 38(5): 945-952.

WINTER, D. **A Biomechanics and Motor Control of Human Movement.** 2nd ed. New York: Wiley; 1990. p. 41-45.

WISLØFF, U.; CASTAGNA, C.; HELGERUD, J.; JONES, R.; HOFF, J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. **Br J Sports Med.** 2004; 38: 285-288.

WU, G.; SIEGLER, S.; ALLARD, P.; ET AL. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion - part I: ankle, hip, and spine. International Society of Biomechanics. **J Biomech.** 2002; 35(4): 543-548.

WU, G.; CAVANAGH, P.R. ISB recommendations for standardization in the reporting of kinematic data. **J Biomech.** 1995; 28(10): 1257-1261.

ZAZULAK, B.T.; PONCE, P.L.; STRAUB, S.J.; MEDVECKY, M.J.; AVEDISIAN, L.; HEWETT, T.E. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2005; 35(5): 292-299.

ZELLER, B.L.; MCCRORY, J.L.; KIBLER, B.; UHL, T.L. Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. **Am J Sports Med.** 2003; 31(3): 449-456.





**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/Tempo: \_\_\_\_\_
- Tempo de prática da atividade física citada: \_\_\_\_\_
- Possui frequência diária em alguma forma de treinamento ( ) N ( ) S
- Dominância: ( ) D ( ) E
- Faz uso de algum medicamento? ( ) N ( ) S      Qual? \_\_\_\_\_
- Há quanto tempo apresentou sua eumenorréia? \_\_\_\_\_
- Quantos dias tem seu ciclo menstrual? \_\_\_\_\_
- Faz uso de algum contraceptivo oral? ( ) N ( ) S  
    Há quanto tempo? \_\_\_\_\_
- Possui história de lesão ou trauma nos membros inferiores? ( ) N ( ) S  
    Qual? \_\_\_\_\_
- Realizou alguma cirurgia prévia nos membros inferiores? ( ) N ( ) S  
    Onde: \_\_\_\_\_

- Possui dor em alguma articulação do membro inferior ou em alguma outra parte do corpo?

N  S Local: \_\_\_\_\_

- Realizou fisioterapia prévia em alguma região dos membros inferiores nos últimos 6 meses?

N  S Local: \_\_\_\_\_

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

N  S Qual? \_\_\_\_\_

- Presença de dor no joelho em atividades funcionais:

Agachamento por tempo prolongado  Permanecer muito tempo sentado

Subir ou descer escadas  Contração isométrica do quadríceps

Ajoelhar-se  Praticar esporte

Correr

- Testes Funcionais – 30 segundos

Agachamento bilateral 90°

ANTES:

\_\_\_\_\_

Sem dor

Maior dor possível



DEPOIS:



Sem dor

Maior dor possível

Descer *step* de 20,5 cm:

ANTES:



Sem dor

Maior dor possível

DEPOIS:



Sem dor

Maior dor possível

- Avaliação postural

- Vista anterior

- Vista posterior

- Vista lateral

**DECÚBITO DORSAL:****MEDIDA DE COMPRIMENTO DOS MEMBROS E PELVE**

	Membro Inferior Direito	Membro Inferior Esquerdo
Medida real		
Medida do fêmur		
Medida da tíbia		

- Medida entre as EIAS:
- Medida entre o tubérculo púbico e a linha entre as EIAS:
- Profundidade entre as:
  - EIAS direita e EIPS direita:
  - EIAS esquerda e EIPS esquerda:

**JOELHO:**

- Testes especiais:

	Joelho Direito	Joelho Esquerdo
Gaveta anterior	- rotação neutra:	- rotação neutra
Gaveta posterior	- rotação neutra: - rotação medial:	- rotação neutra: - rotação medial:
Lachman		

- Patela:

	Patela Direita	Patela Esquerda
Palpação das facetas/bordas	( ) medial      ( ) lateral ( ) superior      ( ) inferior	( ) medial      ( ) lateral ( ) superior      ( ) inferior
Apreensão		
Compressão (Clarck)		
Presença de derrame		
Crepitação		

- Prova de retração muscular

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

### DECÚBITO VENTRAL:

- Teste de Appley      ( ) D      ( ) E

### 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		





**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:**

Assinatura do Voluntário (a)

---

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

---

Ft. Rodrigo de Marche Baldon  
Mestrando em Fisioterapia

---

Lívia Pinheiro Carvalho  
Aluna de graduação em Fisioterapia

---

Ms. Daniel Ferreira Moreira Lobato  
Colaborador do Projeto







**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*

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nome do projeto: **“Efeitos da utilização de contraceptivos orais, do treinamento de estabilização lombo-pélvica/fortalecimento dos músculos do quadril e do treinamento pliométrico em características cinemáticas, cinéticas e funcionais do membro inferior”**

**Responsáveis:**

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão – Departamento de Fisioterapia – UFSCar  
 Ft. MSc. Daniel Ferreira Moreira Lobato – PPG-Ft – UFSCar  
 Ft. Rodrigo de Marche Baldon – PPG-Ft - UFSCar  
 Paloma Yan Lam Wun – Graduada do curso de Fisioterapia – UFSCar  
 Ana Flávia dos Santos – Graduação em Fisioterapia  
 André Pantalena Yoshimatsu – Graduação em Fisioterapia  
 Andréa Luiz Francisco – Graduação em Fisioterapia

O objetivo deste estudo é: a) verificar o efeito de um programa de 8 semanas de estabilização lombo-pélvica/fortalecimento dos músculos do quadril (exercícios de fortalecimento) e do treinamento pliométrico (exercícios de saltos) de 8 semanas em características cinemáticas (relacionadas ao movimento), cinéticas (relacionadas à força) e funcionais (relacionadas à função) do membro inferior de mulheres saudáveis, durante a realização de atividades funcionais; b) verificar o efeito da utilização de contraceptivos orais sobre essas mesmas características e c) estabelecer comparações entre gêneros (masculino e feminino) para as variáveis de estudo analisadas. Você será um dos indivíduos participantes deste estudo.

a) Inicialmente, você será submetido(a) a uma avaliação física, segundo a ficha de avaliação específica desse trabalho, para sua inclusão (ou não) em algum dos grupos amostrais do presente estudo.

b) Caso selecionado(a), você será submetido(a) a uma avaliação cinemática (filmagem em vídeo) do membro inferior durante a descida anterior de degraus e durante o agachamento em uma perna. Para tanto, serão utilizadas quatro câmeras de vídeo digital Panasonic NV- GS180PL, com resolução temporal de 60 Hz (equivalente a 60 quadros por segundo). Esta avaliação será realizada em ambiente reservado, no Núcleo de Análise do Movimento (NAM), pertencente ao Departamento de Educação Física e Motricidade

Humana da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Neste mesmo local será realizada a avaliação funcional, por meio de dois testes de salto muito utilizados no ambiente clínico para a avaliação funcional de pacientes e atletas. Além disso, você será submetido(a) a uma avaliação isocinética (força) dos músculos do quadril e do joelho em um dinamômetro isocinético Biodex Multi Joint-System II, alocado na Unidade Saúde-Escola (USE) - UFSCar.

c) Sendo do gênero feminino e não-usuária de contraceptivos orais, você poderá ser submetida a um dos protocolos de treinamento de 8 semanas: a) exercícios de estabilização lombo-pélvica/fortalecimento dos músculos do quadril (exercícios de fortalecimento) ou b) treinamento pliométrico (exercícios de saltos), ou ainda poderá constituir um grupo controle (que não será submetido a qualquer tipo de intervenção). Em seguida a esse período de 8 semanas, você será reavaliada, conforme a avaliação inicial. As duas intervenções propostas visam prevenir fatores de risco para as lesões do joelho, e serão realizadas 3 vezes por semana, totalizando 24 sessões de treinamento, com cerca de 60 minutos de duração, também em ambiente reservado.

d) Essas avaliações fornecerão maiores informações sobre a influência do treinamento de estabilização lombo-pélvica/fortalecimento dos músculos do quadril e do treinamento pliométrico, bem como do uso de contraceptivos orais, em variáveis cinemáticas (relacionadas ao movimento), cinéticas (relacionadas à força) e funcionais do membro inferior, especialmente do quadril e do joelho. Essas novas informações auxiliarão na elaboração de outros novos estudos sobre o tema, bem como poderão beneficiar diretamente a atenção fisioterapêutica primária e secundária, em relação à prevenção e ao tratamento de lesões do joelho.

e) Os resultados dos testes realizados serão disponibilizados e esclarecidos para você, ao final de sua participação neste estudo.

f) 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.

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

h) 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, decorrente de alguma etapa da avaliação e/ou intervenção, a mesma prevê condições de ser bem suportada por você, pois assemelha-se àquela decorrente de qualquer prática inicial de exercícios específicos de força e resistência muscular, até a ocorrência de mecanismos adaptativos aos mesmos. Você participará das avaliações e, quando for o caso, dos treinamentos, de acordo com os seus limites físicos, tendo respeitada pelos pesquisadores a sua percepção de esforço. Para melhor controle dos treinamentos e para a sua segurança, você será continuamente monitorada pelos mesmos quanto a variáveis como frequência cardíaca e pressão arterial.

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

j) Os pesquisadores zelarão pela organização do ambiente onde as avaliações e treinamentos serão realizados, 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-lo a um ortopedista, para a realização do tratamento adequado.

l) 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.

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 2009.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) voluntário(a)

**Responsáveis:**

<p>_____ Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão Orientador e Coordenador do Projeto</p> <p>_____ Rodrigo de Marche Baldon Mestrando em Fisioterapia</p> <p>_____ Andréa Luiz Francisco Graduanda em Fisioterapia</p>	<p>_____ Ft. MSc. Daniel F. M. Lobato Doutorando em Fisioterapia</p> <p>_____ Ana Flávia dos Santos Graduanda em Fisioterapia</p> <p>_____ André Pantalena Yoshimatsu Graduando em Fisioterapia</p> <p>_____ Paloma Yan Lam Wun Graduanda em Fisioterapia</p>
---	---



## DIFERENÇAS BIOMECÂNICAS ENTRE OS GÊNEROS E SUA IMPORTÂNCIA NAS LESÕES DO JOELHO

*Biomechanics differences between genders and its role in the knee injuries*

### **Resumo**

Diversas pesquisas têm sido realizadas para determinar os fatores biomecânicos que predisõem as mulheres atletas a lesões do ligamento cruzado anterior e ao desenvolvimento da Síndrome da Dor Femoropatelar, em relação aos homens praticantes das mesmas modalidades esportivas. Atualmente, a ênfase principal dos estudos concerne aos diferentes padrões de ativação muscular e de movimento adotados pelas mesmas durante uma determinada tarefa motora. Dessa forma, essa revisão teve como objetivo analisar como tais alterações biomecânicas, especialmente aquelas referentes à articulação do quadril, relacionam-se com a elevada incidência de lesões no joelho nas mulheres, bem como verificar as suas implicações na elaboração de estratégias preventivas a essas desordens. Há evidências indicando que as mulheres realizam atividades funcionais com menores ângulos de flexão de joelho e quadril, maior valgo dinâmico do joelho e dos componentes que contribuem para esse movimento, como a adução e rotação medial do quadril. Ainda, alguns autores acreditam que as alterações nos planos coronal e transversal do quadril, refletidas por uma possível disfunção dos músculos abdutores e rotadores laterais dessa articulação, parecem mais significativas para a instalação de lesões nas mulheres do que aquelas que ocorrem unicamente no plano sagital, como o padrão quadríceps-dominante apresentado pelas mesmas durante o gesto esportivo. Por fim, as pesquisas demonstram que o treino neuromuscular realizado preventivamente melhora o alinhamento dinâmico do membro inferior nas mulheres, diminuindo a incidência de lesões do joelho nas mesmas.

**Palavras-chave:** ligamento cruzado anterior, síndrome da dor femoropatelar, biomecânica, quadril, joelho, fatores sexuais

**Abstract**

Several studies have been conducted to determine the biomechanical factors that predispose women athletes to anterior cruciate ligament injury and to the development of patellofemoral pain syndrome, when compared with men practitioners of the same sports. Currently, the main emphasis of the studies concerning the different patterns of muscle activation and the movement differences adopted for them during a given motor task. Thus, this review aimed to examine how these biomechanical changes, especially those concerning to the hip joint, are related to the high incidence of knee injuries in women, and verify its implications for developing preventive strategies to these disorders. There is evidence indicating that women perform functional activities with lower angles of knee and hip flexion, increased knee valgus and of the dynamic components that contribute to this movement, such as hip adduction and hip medial rotation. Still, some authors believe that changes in the coronal and transverse planes of the hip, reflected by a possible dysfunction of the abductor and lateral rotators muscles of this articulation, seem more significant for the installation of injuries in women than those that occur only in the sagittal plane, as the quadriceps-dominant pattern. Finally, the studies show that neuromuscular training performed preventively improves the dynamic alignment of the lower limb in women, reducing the incidence of knee injuries on them.

**Key-words:** anterior cruciate ligament, patellofemoral pain syndrome, biomechanics, hip, knee, sex factors

## INTRODUÇÃO

A maioria das lesões observadas no cenário esportivo acomete a articulação do joelho, sendo que as mulheres apresentam maior incidência para muitas dessas lesões (1). Dentre elas, a Síndrome da dor femoropatelar (SDFP) e as rupturas do ligamento cruzado anterior (LCA) têm recebido atenção especial, uma vez que acarretam em altos custos de tratamento e favorecem o desenvolvimento de doenças incapacitantes (2). Assim, com o intuito de reduzir a incidência dessas lesões nas mulheres e evitar os transtornos oriundos das mesmas, muitas pesquisas têm sido realizadas para determinar os fatores responsáveis por essa disparidade de lesões entre os gêneros.

Os fatores predisponentes para as rupturas do LCA e o desenvolvimento da SDFP nas mulheres têm sido divididos em três grupos principais: anatômicos, hormonais e biomecânicos. Atualmente, a ênfase principal dos estudos concerne às diferenças biomecânicas existentes entre os gêneros, ou seja, aos diferentes padrões de ativação muscular e de movimento adotados durante um gesto motor. Tais aspectos são enfatizados por serem passíveis de intervenção fisioterapêutica, ao contrário das características anatômicas e das variações hormonais (3). Além disso, como a origem das dores femoropatelares e a maioria das rupturas do LCA são de origem traumática, supõe-se que existam diferenças entre os gêneros nos movimentos realizados cotidianamente e na prática esportiva, favorecendo o elevado acometimento nas mulheres (4).

Um possível fator etiológico atribuído à alta incidência dessas lesões nas mulheres refere-se ao comprometimento dos músculos do quadril, e pode ser explicado pela teoria da cadeia cinética fechada, a qual pressupõe ser necessário ter uma boa estabilidade dessa articulação para controlar os movimentos dos segmentos distais durante atividades de

descarga de peso. Se a função de uma das articulações do membro inferior apresenta-se inadequada, acredita-se que lesões possam ocorrer em outras articulações e estruturas, particularmente naquelas localizadas distalmente a ela (5).

Atualmente é proposto que uma disfunção da musculatura glútea das mulheres promoveria desarranjos biomecânicos nas articulações do membro inferior (6). Tais estudos sugerem que o aumento do valgo dinâmico do joelho, o qual é definido pela adução e rotação medial do quadril, assim como, abdução e rotação lateral do joelho (7), é influenciado diretamente pela incapacidade dessa musculatura em controlar tal movimento (8). Como o LCA é um restritor secundário da abdução do joelho (9) e, a partir da hipótese de aumento do estresse na articulação femoropatelar quando há exacerbação desse movimento (8,10), torna-se adequado relacionar a atuação insuficiente dos músculos do quadril com a gênese das rupturas do LCA (6) e da SDFP em mulheres (8,10).

Além disso, acredita-se que as mulheres não utilizam corretamente os músculos do quadril para dissipar a energia oriunda dos gestos esportivos, adotando estratégias biomecânicas diferentes, quando comparadas aos homens. Andrews & Axe (1985) (11) introduziram o conceito “ligamento-dominante”, caracterizado pelo aumento do valgo do joelho nas mulheres devido à incapacidade da musculatura do membro inferior em absorver adequadamente as forças produzidas, resultando em excessiva sobrecarga do LCA. Ainda, há evidências de que as mulheres utilizam preferencialmente o músculo quadríceps para aumentar a estabilidade dinâmica do joelho. Tal estratégia, quando acompanhada da ação reduzida dos músculos posteriores da coxa e dos extensores do quadril, tenderia a aumentar as forças de anteriorização da tíbia e, conseqüentemente, o estresse sobre o LCA (12).

Dessa forma, essa revisão tem como objetivos principais apresentar os resultados de estudos que tentaram verificar diferenças biomecânicas do membro inferior, com ênfase no



quadril, entre os gêneros, além de analisar como tais distinções poderiam contribuir para a elevada incidência de lesões no joelho das mulheres. Por fim, será discutido como o fisioterapeuta poderia atuar frente a essas desordens, com o intuito de prevenir futuras lesões no joelho nas mulheres praticantes de atividade física.

## **METODOLOGIA**

Foi realizada uma revisão de literatura não-sistemática nas bases de dados LILACS, MEDLINE, COCHRANE e PUBMED, além de consulta manual em referências de livros e periódicos do acervo da Biblioteca Comunitária da Universidade Federal de São Carlos (SP). Foram utilizados artigos publicados entre 1985 e 2008. Os descritores de texto utilizados foram: anterior cruciate ligament, patellofemoral pain syndrome, biomechanics, electromyography, kinetics, physical therapy modalities, hip, knee, sex factors.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Diferenças biomecânicas do membro inferior entre os gêneros no plano sagital***

Há evidências na literatura sugerindo que, durante a desaceleração de movimentos esportivos, as mulheres apresentam menores ângulos de flexão do joelho no contato inicial com o solo (13,14) e nos valores máximos de amplitude de movimento (12,15), além de possuírem ativação eletromiográfica aumentada do quadríceps (12,16) e reduzida dos isquiotibiais (12), quando comparadas aos homens. Como a contração preferencial do quadríceps nos primeiros 30° de flexão do joelho promove maior estresse sobre o LCA,

assume-se que tal estratégia de movimento esteja relacionada com a maior incidência de lesões desse ligamento nas mulheres (12).

Aliado a esses achados, ao contrário dos homens, os quais utilizam a musculatura extensora do quadril para dissipar uma grande quantidade de energia produzida durante a fase de aterrissagem de um gesto esportivo, acredita-se que as mulheres possam adotar estratégias que requerem preferencialmente os músculos quadríceps e gastrocnêmio para essa finalidade (13). Zazulak et al. (2005) (3), ao avaliarem 22 atletas durante a aterrissagem unipodal, verificaram que as mulheres apresentaram maior ativação eletromiográfica do quadríceps e menor ativação do glúteo máximo, quando comparadas aos homens. Assim, os autores relatam que um aumento da atividade do quadríceps combinada a uma redução da atividade do glúteo máximo poderia contribuir para alterar a absorção de energia durante a aterrissagem, sobrecarregando o LCA.

McLean et al. (2005) (14) realizaram uma avaliação cinemática com jogadores de basquetebol durante 3 atividades envolvendo mudança brusca de direção e concluíram que as mulheres apresentavam, durante a manobra do *shuttle-run*, menor ângulo de flexão do quadril no início da fase de apoio e menor pico de flexão do quadril. Similarmente, McLean et al. (2004) (17) e Salci et al. (2004) (18) relataram que as mulheres possuíam menor pico de flexão de quadril durante a fase de apoio em atividades de mudança de direção e no bloqueio realizado no voleibol, respectivamente. Dessa forma, tais autores acreditam que esse comportamento, associado ao fato das mulheres apresentarem menores ângulos de flexão do joelho e aumento das forças de reação do solo, predisporia as mesmas a uma situação favorável à ruptura do LCA, uma vez que a musculatura extensora do quadril não estaria contribuindo de modo adequado para a dissipação de energia.

Ao contrário dos estudos acima citados, os quais realizaram uma avaliação durante o período de contato do membro inferior com o solo, Chappell et al. (2007) (16) avaliaram atletas recreacionais durante a fase aérea do *Vertical Stop-Jump* (movimento realizado freqüentemente por jogadores de basquetebol previamente ao arremesso) e verificaram que as mulheres exibiram menores ângulos de flexão do quadril antes da aterrissagem. Assim, os autores acreditam que há um padrão de movimento diferenciado nas mulheres desde a preparação da aterrissagem, o qual deveria ser focado durante as intervenções preventivas de lesões no joelho.

Na mesma tendência, Decker et al. (2003) (13), ao compararem variáveis cinemáticas, cinéticas e de absorção de energia (trabalho) entre os gêneros durante a aterrissagem de uma plataforma elevada, verificaram que as mulheres apresentaram um menor ângulo de flexão do joelho e maior flexão-plantar do tornozelo no contato inicial com o solo. Embora o ângulo de flexão do quadril no contato inicial, assim como, o pico de flexão do quadril não tenham sido diferentes entre os gêneros, as mulheres apresentaram maior absorção de energia através do joelho e tornozelo comparado ao quadril, enquanto os homens não demonstraram diferenças entre as articulações. Dessa forma, os autores concluem que as mulheres, aterrissando em uma posição mais ereta, são incapazes de dissipar a energia cinética produzida durante a aterrissagem de modo equilibrado entre as articulações do membro inferior, resultando em uma possível sobrecarga da articulação do joelho.

Embora esses estudos tenham verificado diferenças cinemáticas e de ativação neuromuscular do quadril entre os gêneros no plano sagital, outras pesquisas não identificaram tais alterações durante a aterrissagem de uma plataforma (15), corrida (4) e salto unipodal horizontal (6,19). Além disso, McLean et al. (2004) (20) verificaram que os

momentos em extensão do joelho e as forças isoladas de cisalhamento anterior sobre a tíbia são incapazes de romper o LCA durante uma atividade de mudança abrupta de direção. Este estudo, o qual utilizou uma técnica recentemente validada (21), consistiu em uma simulação computadorizada capaz de prever o efeito de perturbações do sistema neuromuscular sobre os movimentos e sobrecargas da articulação do joelho, baseada na análise cinemática do movimento. Dessa forma, sugere-se que as alterações do quadril no plano sagital, quando consideradas isoladamente, sejam incapazes de promover uma sobrecarga no joelho suficiente para a ruptura do LCA, tornando improvável que o padrão de movimento diferenciado adotado pelas mulheres nesse plano seja responsável, por si só, pela disparidade de lesões no joelho observada entre os gêneros.

*Diferenças biomecânicas do membro inferior entre os gêneros nos planos frontal e transversal*

Para melhor compreender como um movimento alterado do quadril nos planos frontal e transversal em uma atividade em cadeia cinética fechada predisporia à SDFP e às rupturas do LCA, é necessário realizar uma breve revisão de conceitos anatômicos e biomecânicos das articulações femoropatelar e femorotibial, respectivamente.

Classicamente, o ângulo do quadríceps ou ângulo Q tem sido estudado nas disfunções femoropatelares devido a sua importância na geração de estresse nessa articulação. O ângulo Q, o qual é formado pela interação resultante não colinear de duas forças primárias que agem sobre a patela no plano frontal - o vetor de força do quadríceps ( $F_Q$ ) e o vetor de força do tendão patelar - possui sua resultante de força dirigida lateralmente, podendo ser influenciada diretamente por qualquer mudança que ocorra na

obliquidade desses dois vetores. Assim, uma maior obliquidade de  $F_Q$  ocasionada, por exemplo, pela adução e rotação medial do quadril, aumentaria a resultante lateral sobre a patela. Tal situação ocasionaria compressão excessiva da faceta lateral da patela sobre a proeminência lateral da tróclea do fêmur (quando o joelho está em extensão) ou no aspecto lateral da fossa intercondilar do fêmur (quando o joelho está em flexão) (22), predispondo à SDFP.

Em relação às rupturas do LCA, torna-se importante o esclarecimento dos mecanismos que promovem a lesão desse ligamento e como os movimentos do quadril poderiam contribuir para isso. Assim, tais mecanismos têm sido divididos em traumáticos e atraumáticos, sendo o primeiro originado por uma força aplicada diretamente sobre o joelho, freqüentemente associada a esportes de contato físico, enquanto as rupturas do LCA de caráter atraumático, as quais ocorrem em até 88% dos casos (23), surgem de situações em que não há contato físico direto, como durante a aterrissagem de um salto. Tais lesões podem ser classificadas ainda quanto à natureza do estresse sobre o ligamento, sendo divididas em lesões por sobrecarga direta ou em lesões por impacto do LCA (24). Markolf et al. (1995) (9) verificaram que os movimentos isolados de abdução e rotação medial do joelho são capazes de produzir sobrecarga direta sobre o LCA, sendo que o mesmo não se aplica à rotação lateral isolada dessa articulação. No entanto, Fung & Zhang (2003) (24) relataram que esse movimento, quando associado com a abdução do joelho, induz o impacto do LCA na parede lateral da fossa intercondilar do fêmur, aumentando o estresse sobre essa estrutura.

Recentemente, Powers (2003) (8) relatou que alterações biomecânicas na articulação do quadril poderiam atuar como possíveis fatores etiológicos da SDFP. Segundo esse autor, a rotação medial e adução excessiva do quadril, durante atividades em

cadeia cinética fechada, aumentariam o ângulo Q e alterariam a trajetória patelar, predispondo o indivíduo ao desenvolvimento da dor na articulação femoropatelar. Ainda, Ireland (1999) (7) descreve que o membro inferior, na maioria das lesões do LCA atraumática, assume uma posição composta por adução e rotação medial do quadril, assim como, abdução e rotação lateral do joelho (valgo dinâmico). Como o LCA é um restritor secundário do movimento de abdução da articulação do joelho (9) e esse movimento, combinado à rotação lateral dessa articulação induz o impacto dessa estrutura contra a parede lateral da fossa intercondilar do fêmur (24), acredita-se que a falta de controle dos movimentos do quadril nos planos frontal e transversal contribuiria para a aquisição de posturas favoráveis à ruptura do LCA.

Hewett et al. (2005) (25), em um estudo prospectivo com atletas, verificaram que as mulheres com maiores ângulos de valgo dinâmico e momento em valgo do joelho apresentaram maior incidência de lesões do LCA durante a temporada. Ainda, como o valgo do joelho parece ser um movimento associado a tais lesões, inúmeras pesquisas (4,12,14,26,27,28,29) foram realizadas com intuito de verificar diferenças desse movimento entre os gêneros durante atividades que mimetizam gestos esportivos. Além disso, torna-se interessante iniciar a discussão a respeito da influência do quadril sobre a elevada incidência dessas lesões em mulheres analisando tal variável, uma vez que os movimentos do joelho e quadril, no plano coronal, têm sido correlacionados (29).

Ford et al. (2003) (26), ao avaliarem jogadores de basquetebol, demonstraram que as mulheres apresentavam maior excursão e máximo ângulo em valgo do joelho na aterrissagem bipodal de uma plataforma elevada. Similarmente, Russell et al. (2006) (27) verificaram que as mulheres, durante a aterrissagem unipodal, possuíam maior ângulo em valgo do joelho no contato inicial com o solo e, embora ambos os gêneros tenham adotado

um padrão em varo no ângulo máximo de flexão de joelho, as mulheres obtiveram menores valores para esse movimento. Outros trabalhos na literatura, avaliando diferentes gestos esportivos, como a corrida (4,12), caminhada (28), e mudança de direção (12,14,30), também relataram maior valgo dinâmico nas mulheres. Dessa forma, sugere-se que a diferença entre os gêneros nos ângulos em valgo do joelho durante os gestos esportivos, assim como nas posturas adotadas pelas mulheres previamente à aterrissagem no solo, é conseqüente a um alterado controle muscular do membro inferior e provavelmente reflete diferenças no padrão de contração dos músculos periarticulares do joelho, bem como dos músculos do quadril (29), contribuindo para a disparidade de lesões entre os gêneros.

Embora seja conhecido que o valgo dinâmico do joelho é composto tanto pela abdução e rotação lateral do joelho quanto pela adução e rotação medial do quadril (3), poucos estudos compararam os padrões de movimento do quadril entre os gêneros no plano frontal e transversal. Ferber et al. (2003) (4) verificaram que as mulheres, durante a fase de apoio da corrida, demonstraram maior adução e rotação medial do quadril, assim como, rotação lateral e abdução do joelho. Além disso, apresentaram maior trabalho negativo do quadril no plano frontal e transversal, sugerindo que houve uma maior exigência excêntrica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril para controlar tais movimentos. Hurd et al. (2004) (28) observaram que as mulheres apresentaram maior excursão do quadril nos planos frontal (adução) e transversal (rotação medial) durante a caminhada, enquanto Zeller et al. (2003) (31), durante o agachamento unipodal, observaram que as mulheres adotaram uma postura em adução do quadril, corroborando a hipótese de que os músculos abdutores e rotadores laterais dessa articulação são mais exigidos nas mulheres para controlar esses movimentos.

Outra atividade funcional estudada com objetivo de verificar diferenças biomecânicas do quadril entre os gêneros é a aterrissagem, uma vez que se trata do principal mecanismo de ruptura do LCA (23). Ford et al. (2006) (29) relataram que, durante a realização desse movimento, além de apresentar maior ângulo em valgo do joelho no contato inicial com o solo e maior pico desse movimento na fase de amortecimento, as mulheres exibiram maiores excursão do quadril no plano frontal e pico do ângulo de adução dessa articulação. De modo complementar, Lephart et al. (2002) (15) verificaram que durante a aterrissagem as mulheres apresentaram maiores ângulos em rotação medial do quadril quando comparadas aos homens, enquanto Chappell et al. (2007) (16), ao avaliarem a preparação da aterrissagem do *Vertical Stop-Jump*, observaram que as mulheres apresentavam uma fase aérea com menor abdução e rotação lateral do quadril, sugerindo que as alterações biomecânicas entre os gêneros existem antes mesmo de haver o contato do pé com o solo.

Embora hipotetiza-se o papel dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril no controle do fêmur e, conseqüentemente nos movimentos do joelho, durante atividades em cadeia cinética fechada (8), poucos trabalhos estudaram a possível influência desses músculos sobre tais articulações, em ambos os gêneros. Willson et al. (2006) (32) verificaram redução da força isométrica dos abdutores do quadril e aumento do valgo dinâmico do joelho nas mulheres durante o agachamento unipodal, porém, não verificaram uma correlação significativa entre essas variáveis. Por outro lado, Claiborne et al. (2006) (33) encontraram um aumento do valgo dinâmico do joelho nas mulheres, bem como uma correlação negativa entre o torque excêntrico abductor do quadril e esse movimento. A divergência dos dados obtidos pelos autores pode ser justificada pelas diferenças metodológicas dos estudos: no último (33), os voluntários realizaram o agachamento até



60° de flexão do joelho e tiveram a função excêntrica dos músculos abdutores do quadril avaliada, enquanto no primeiro (32) o ângulo do joelho avaliado foi o de 45° de flexão e a avaliação de força foi isométrica. Assim, como o componente excêntrico de contração desses músculos está intimamente relacionado com as características de controle do movimento do quadril no plano frontal durante o agachamento, principalmente em uma situação de maior demanda energética, assume-se que essas peculiaridades tenham refletido de forma mais apropriada a relação entre tais variáveis.

Jacobs & Mattacola (2005) (19) e Jacobs et al. (2007) (6) e estudaram as diferenças de força dos músculos abdutores do quadril e da cinemática do joelho no plano frontal entre os gêneros durante a aterrissagem unipodal de um salto horizontal. No primeiro estudo, não houve diferença do pico de torque excêntrico abductor do quadril entre os gêneros e as mulheres apresentaram uma tendência a ter um maior pico do ângulo em abdução do joelho, enquanto no segundo trabalho, verificou-se diferença do pico de torque isométrico dos abdutores do quadril entre os gêneros, assim como menor excursão em abdução do joelho nos homens. Além disso, ambos os trabalhos verificaram uma correlação negativa entre a força dos músculos abdutores do quadril com os valores de abdução do joelho.

Diante do exposto, são observadas evidências que sugerem diferenças entre gêneros com relação às estratégias biomecânicas do quadril durante a realização de um gesto motor. É importante ressaltar que tais distinções têm sido observadas nos três planos de movimento do quadril, embora as alterações nos planos frontal e transversal pareçam ser as principais responsáveis em influenciar a aquisição de posturas que favoreçam o elevado índice de lesões no joelho nas mulheres.

*Treino neuromuscular com ênfase na musculatura lombo-pélvica e sua ação preventiva sobre as lesões no joelho*

Muitos programas de prevenção de lesões têm sido desenvolvidos com o intuito de modificar algumas características neuromusculares e biomecânicas que potencialmente contribuiriam para o elevado índice de rupturas do LCA e desenvolvimento da SDFP nas mulheres atletas. Tradicionalmente, tais programas incorporam uma combinação de atividades que envolvem desde alongamento e fortalecimento muscular até os conceitos de pliometria e exercícios de agilidade. Embora tais programas tenham demonstrado eficiência para a redução do número de lesões do LCA (2,34), pouco se sabe a respeito dos efeitos biomecânicos de tais protocolos sobre o membro inferior. Ainda, são escassos os trabalhos que realizaram um fortalecimento específico da musculatura lombo-pélvica e que verificaram a influência do mesmo no gesto motor das mulheres.

Hewett et al. (1996) (35) submetem 11 mulheres atletas a um treino pliométrico de 6 semanas, o qual objetivava o aprimoramento do gesto de aterrissar, além de exercícios de alongamento e fortalecimento de músculos do tronco, membro superior e inferior. Após o treino, os autores verificaram que as mulheres aumentaram a razão de torque dos músculos isquiotibiais/quadríceps, reduziram em 22% o pico de força de reação do solo e minimizaram os momentos em adução e abdução do joelho. Noyes et al. (2005) (36) verificaram a influência desse mesmo treino sobre a distância entre os joelhos durante a aterrissagem de uma plataforma elevada. Os autores concluíram que, após o treino, as mulheres aterrissaram com um maior afastamento dos joelhos, refletindo alteração do comportamento do membro inferior no plano coronal. Myer et al. (2005) (37) analisaram a eficiência de um treino neuromuscular de 6 semanas (constituído por exercícios

pliométricos, de equilíbrio, de fortalecimento dos membros superiores e inferiores e de estabilização lombo-pélvica) sobre a performance e variáveis cinemáticas e cinéticas do membro inferior, concluindo que o treino melhorou tanto a performance das atletas durante os testes funcionais, como reduziu os momentos em valgo e varo do joelho durante a aterrissagem.

Embora não tenham sido citados nesses estudos, os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril podem ter contribuído para as alterações biomecânicas observadas após o treino neuromuscular nas mulheres. Mesmo não sendo enfocados no programa preventivo, o treino pliométrico enfatizando a aterrissagem com a manutenção do alinhamento do membro inferior nos planos coronal e transversal, poderia modificar o trofismo e o padrão de recrutamento desses músculos, uma vez que os mesmos agem excêntrica para controlar os movimentos do fêmur durante esse gesto esportivo. Myer et al. (2006) (38) compararam o efeito do treino pliométrico com o de estabilização lombo-pélvica sobre variáveis cinemáticas do membro inferior durante atividades que possuíam um componente de aterrissagem, relatando que ambos foram efetivos em reduzir os ângulos de adução do quadril e abdução do joelho no contato inicial com o solo, assim como, os ângulos máximos dessas variáveis. Pollard et al. (2006) (39), após submeterem 18 jogadoras de futebol a um treino composto por alongamentos, fortalecimento, exercícios pliométricos e de agilidade, nos quais eram enfatizados a técnica correta de aterrissagem e a mudança de direção do movimento, verificaram redução da rotação medial do quadril e aumento dos ângulos de abdução do quadril durante a aterrissagem. Apesar de não ter avaliado a força e a atividade eletromiográfica dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril, os autores acreditam que esses músculos influenciaram na melhora do padrão de movimento das mulheres após os treinos.

Na literatura consultada, foi encontrado apenas um estudo no qual os autores verificaram o efeito de um fortalecimento específico em cadeia cinética aberta dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril sobre variáveis cinemáticas e cinéticas do membro inferior em mulheres (40). Embora tenha havido aumento significativo de força desses músculos, não foram encontradas alterações das outras variáveis analisadas. Dessa forma, sugere-se que a realização isolada de exercícios de fortalecimento em cadeia cinética aberta, ainda que eficiente para o aumento de força muscular, não tenha proporcionado um estímulo suficiente para promover alterações das estratégias de recrutamento muscular que atuassem para a modificação da cinemática do membro inferior. É possível que a incorporação de atividades funcionais ao treino preventivo, enfocando a ativação dos músculos do quadril, promova mudanças do planejamento motor e, associadamente aos ganhos de força muscular, favoreça a realização segura do gesto esportivo pelas mulheres.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tem sido observado que a SDFP e as rupturas do LCA apresentam maior incidência nas mulheres atletas quando comparadas aos homens praticantes das mesmas modalidades esportivas. Embora a origem dessa diferença aparente ser multifatorial, acredita-se que, nas situações em que não há trauma associado à etiologia, tais lesões possam se manifestar devido a um alterado padrão de movimento do quadril adotado pelas mulheres. Existem evidências de que as mulheres apresentam diminuição dos ângulos de flexão do quadril e aumento dos ângulos de adução e rotação medial dessa articulação durante atividades esportivas. Tal postura, a qual é relacionada com a fraqueza dos músculos abdutores e

rotadores laterais do quadril, poderia induzir um aumento do valgo dinâmico do joelho e, dessa forma, aumentar o estresse na articulação femoropatelar e sobre o LCA.

Embora alguns trabalhos demonstrem diferenças biomecânicas na articulação do quadril entre os gêneros, o número de estudos dedicados a este assunto ainda é incipiente, indicando a necessidade de novos trabalhos, avaliando diferentes manobras esportivas, para verificar se os padrões de movimento feminino alterados são específicos a determinados gestos motores. Ainda, sugere-se a realização de estudos longitudinais para determinar a influência dos movimentos e da função alterada dos músculos do quadril na elevada incidência de lesão no joelho em mulheres.

Quanto aos estudos que realizaram um treino neuromuscular, verificou-se diminuição da incidência de lesões do LCA no grupo de mulheres tratadas previamente às temporadas de competição e melhora do alinhamento dinâmico do membro inferior. No entanto, a maioria desses trabalhos não avaliou as medidas objetivas que poderiam ter contribuído para a redução das taxas de lesão e melhora da cinemática do membro inferior, como por exemplo, a força dos músculos do quadril. Além disso, como os treinos neuromusculares são muito abrangentes, seria interessante verificar qual componente do programa de prevenção estaria mais relacionado com a redução da incidência de lesões nas mulheres e, dessa forma, contribuir com a otimização da intervenção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo DB. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med* 2002; 36: 95-101.
2. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: A prospective study. *Am J Sports Med.* 1999; 27(6): 699-706.
3. Zazulak BT, Ponce PL, Straub SJ, Medvecky MJ, Avedisian L, Hewett TE. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005; 35(5): 292-99.
4. Ferber R, Davis IM, Williams DS. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clin Biomech* 2003; 18(4): 350-357.
5. Prentice WE., Voight MI. *Techniques in Musculoskeletal Rehabilitation.* New York: McGraw Hill; 2001.
6. Jacobs CA, Uhl T, Mattacola CG, Shapiro R., Rayens WS. Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: Sex differences. *J Athl Train* 2007; 42(1): 76-83.
7. Ireland ML. Anterior cruciate ligament injury in female athletes: Epidemiology. *J Athl Train* 1999; 34: 150-154.
8. Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003; 33(11): 639-646.
9. Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slaughterbeck JL. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *J Orthop Res* 1995; 13: 930-35.
10. Cichanowski HR, Schmitt JS, Johnson RJ, Niemuth PE. Hip Strength in Collegiate Female Athletes with Patellofemoral Pain. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(8):1227-1232.
11. Andrews JR, Axe MJ. The classification of knee ligament instability. *Orthop Clin North Am* 1985; 16: 69-82.
12. Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech* 2001; 16: 438-445.
13. Decker MJ, Torry MR, Wyland DJ, Sterett WI, Steadman JR. Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clin Biomech* 2003; 18:662-669.
14. McLean SG, Walker KB, van den Bogert AJ. Effect of gender on lower extremity kinematics during rapid direction changes: an integrated analysis of three sports movements. *J Sci Med Sport* 2005; 8(4): 411-422.
15. Lephart SM, Ferris CM, Riemann BL, Myers JB, Fu FH. Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clin Orthop Relat Res* 2002; 40: 162-169.
16. Chappell JD, Creighton RA, Giuliani C, Yu B, Garrett WE. Kinematics and Electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: Risks for noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* 2007; 35(2): 235-241.

17. McLean SG., Lipfert SW., Van den Bogert AJ. Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(6): 1016-1016.
18. Salci Y, Kentel BB, Heycan C, Akin S, Korkusuz F. Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players. *Clin Biomech* 2004; 19: 622-628.
19. Jacobs CA, Uhl T. Mattacola CG. Sex differences in eccentric hip-abductor strength and knee-joint kinematics when landing from a jump. *J Sports Rehabil* 2005; 14: 346-355.
20. McLean SG, Huang X, Su A, Van Den Bogert AJ. Sagittal plane biomechanics cannot injure the ACL during sidestep cutting. *Clin Biomech* 2004; 19: 828-838.
21. McLean SG, Su A, van den Bogert AJ. Development and validation of a 3D model to predict knee joint loading during dynamic movement. *J Biomech Eng* 2003; 31: 864-874.
22. Fulkerson JP. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *Am J Sports Med* 2002; 30(3): 447-456.
23. Kirkendall DT, Garret WEJ. The anterior cruciate ligament enigma. Injury mechanisms and prevention. *Clin Orthop* 2000; 372: 64-68.
24. Fung DT, Zhang LQ. Modeling of ACL impingement against the intercondylar notch. *Clin Biomech* 2003; 18: 933-941.
25. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Coloismo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *Am J Sports Med* 2005; 33(4): 492-500.
26. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(10): 1745-50.
27. Russell KA, Palmieri RM, Zinder SM, Ingersoll CD. Sex differences in valgus knee angle during a single leg drop jump. *J Athl Train* 2006; 41(2): 166-171.
28. 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: 465-472.
29. 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: 33-40.
30. Ford KR, Myer GD, Toms HE, Hewett TE. Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(1): 124-129.
31. 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.
32. Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(5): 945-952.
33. Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, Pincivero DM. Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *J Appl Biomech* 2006; 22: 41-50.
34. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in

- preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-years follow-up. *Am J Sports Med* 2003; 33(7): 1003-1010.
35. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med* 1996; 24(6):765-772.
  36. Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J. The drop-jump screening test: Difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *Am J Sports Med* 2005; 33(2): 197-207.
  37. 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: 51-60.
  38. Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med* 2006; 34(3): 445-455.
  39. 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 Sport Med* 2006; 16: 223-227.
  40. Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garret WE, Yu B, Padua DA. The effects of the strength training on the lower extremities biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. *Am J Sports Med* 2008; 36(4): 733-740.







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

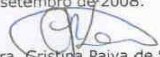
O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

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.

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



**Title page****Title:**

Relationships between isokinetic hip and knee eccentric torque and functional performance

**Authors:**

Rodrigo de Marche Baldon, MSc, PT

rodrigo\_baldon@hotmail.com

Department of Physical Therapy, São Carlos Federal University, São Paulo, Brazil

Daniel Ferreira Moreira Lobato, MSc, PT

daniellobato@ig.com.br

Department of Physical Therapy, São Carlos Federal University, São Paulo, Brazil

Lívia Pinheiro Carvalho, PT

livia.pinheiro.carvalho@gmail.com

Department of Physical Therapy, São Carlos Federal University, São Paulo, Brazil

Paloma Yan Lam Wun, PT

pylw\_06@hotmail.com

Department of Physical Therapy, São Carlos Federal University, São Paulo, Brazil

Cátia Valéria Presotti, MSc

cvpresotti@yahoo.com.br

Department of Statistics, Paulista Central University, São Paulo, Brazil

Fábio Viadanna Serrão, PhD, PT

fserrao@ufscar.br

Department of Physical Therapy, São Carlos Federal University, São Paulo, Brazil

Name and address for correspondence:

Fábio Viadanna Serrão

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**

Rod. Washington Luís, km 235 – CEP: 13565-905

Email address: fserrao@ufscar.br

Telephone number: +55 (16) 3351-8754

Fax number: +55 (16) 3361-2081

## Relationships between isokinetic hip and knee eccentric torque and functional performance

**Context:** Recently, attention in the sports arena has been given to the eccentric hip muscles function, both in the prevention of musculoskeletal injuries and to improve performance. However, no studies have verified the relationship between the eccentric action of these muscles and functional performance.

**Objective:** Determine the key isokinetic variables of hip and knee eccentric torque that predict the functional performance of women in the one-leg triple long jump (TLJ) and the timed 6-meter one-leg hop (TH).

**Design:** Within-subject correlational study.

**Setting:** Musculoskeletal laboratory.

**Patients or other participants:** Thirty-two healthy participants aged between 18 and 25 years.

**Intervention(s):** The participants performed 2 sets of 5 maximum eccentric isokinetic contractions of the hip (30°/s) and knee (60°/s) musculatures, and 3 attempts in the TLJ and TH.

**Main Outcome Measurements:** The independent variables were the hip abductor/adductor, rotator medial/lateral and knee extensor/flexor isokinetic eccentric maximum peak torques (IEMPT), normalized according to body mass (Nm/kg). The dependent variables were the longest distance achieved in the TLJ normalized according to body height and the shortest time spent during the execution of the HT.

**Results:** The linear regression analysis showed that the combination of the hip lateral rotator, abductor and knee flexor IEMPT provided the most efficient estimate of performance in the TLJ, explaining 65% of the variance ( $P < .001$ ), while the combination of the hip lateral rotator and abductor IEMPT was a better predictor of performance in the TH, explaining 55% of the variance ( $P < .001$ ).

**Conclusions:** Higher values for hip lateral rotator and abductor eccentric torque, as also for the knee flexor reflected in better performance. Thus, the eccentric action of these muscles should be considered in the development of physical training programs that aim to increase functional performance.

**Key words:** Biomechanics, performance, lower limb, torque.

## INTRODUCTION

In many sports training programs, strengthening of the lower limb muscles is carried out exhaustively to improve the functional performance of the athletes. There is a common belief that strength and muscle power can influence the performance of activities involving agility, which require rapid acceleration of the center of mass, as well as in the execution of hopping activities<sup>1</sup>. Due to the limited availability of resources directly measuring muscle strength, such as isokinetic dynamometers, alternative ways have been proposed in the literature for this purpose. Due to their similarity to some sports gestures, functional tests are widely used in the field of sports as a tool to estimate the function (strength and power) of the lower limb muscles<sup>2-4</sup>.

Although some studies have found good correlation between lower limb muscle strength and functional performance<sup>3-4</sup>, there is no consensus in the literature of the true relationship between these variables. This is mainly due to studies that showed weak correlation between the strength of the quadriceps and values found in various activities such as horizontal jumping<sup>5</sup>, vertical jumping<sup>2</sup> and sprinting<sup>2,6</sup>. Thus some authors believe that individually assessed muscle strength shows a limited contribution to the estimation of performance<sup>3</sup>, and that the quadriceps torque alone is maybe not the best predictor of functional performance<sup>7</sup>.

This assumption was supported by Robertson & Fleming<sup>8</sup> who reported that the hip extensor muscles were the main producers of torque in the propulsion phase of vertical jumping, and by other authors who observed negative correlation between hip extensor<sup>7</sup> and abductor<sup>9</sup> isokinetic torque and the time spent in agility tests. Other studies found a strong positive correlation between the load values supported during a squatting exercise

and the height reached in vertical jumping, suggesting an important role of the whole muscle chain in generating the power necessary to perform the chosen activity<sup>10</sup>. Thus an overall assessment of lower limb muscle strength would possibly better reflect the influence of these variables on functional performance.

Many orthopedic disorders of the knee, such as ruptures of the anterior cruciate ligament (ACL) and the patellofemoral pain syndrome (PFPS) are currently related to a deficit in the eccentric function of the hip abductor and lateral rotator muscles<sup>11,12</sup>, since it is hypothesized that these muscles acting eccentrically carry out dynamic stabilization of the knee in the coronal and transverse planes, respectively. Some studies that, amongst other measures, focused on the strengthening of these muscles as a preventive measure<sup>13-15</sup> showed favorable changes in the pattern of movement (decreased dynamic knee valgus)<sup>13,14</sup> and improved performance of the volunteers<sup>15</sup>, reflecting the preventative and functional roles of these muscles. However, studies reporting the relationship between functional performance and the strength of these muscles are still scarce<sup>9, 16</sup>, and there are no studies investigating the role of the eccentric action of the hip muscles on functional performance.

Thus in order to improve the prescription of physical training that aims to increase athletic performance and concomitantly assist in preventing knee injuries, it is of primordial importance to elucidate the contribution of the eccentric action of the hip and knee muscles on the performance of functional activities. Therefore, the objectives of our study were (a) to examine the existence of a relationship between the isokinetic eccentric maximum peak torque (IEMPT) of the hip abductor/adductor and medial/lateral rotator and of the knee extensor/flexor and the performance of the volunteers in two functional tests, the one-leg triple long jump (TLJ) and the timed 6-meter one-leg hop (TH) and (b) whether one or

more of the isokinetic variables assessed can predict the performance of the functional activities proposed.

## **METHODS**

### **Design and Setting**

We used a within-subjects correlation design to determine possible interactions between the eccentric torque of the hip and knee muscle and performance in the TLJ and TH. In addition, we developed two multiple linear regression models to predict the performance of the functional activities from the isokinetic variables studied.

All the tests were performed in the Orthopedics and Traumatology Evaluation and Intervention Laboratory of the XXXX.

### **Participants**

We recruited for this study 35 healthy volunteers. The inclusion criteria were (1) being physically active (participation in regular exercises with a minimum frequency of three times a week for a minimum of 30 minutes each); (2) not participating in daily training and organized competitions; (3) having a Body Mass Index (BMI) between 18 and 26; and (4) successfully completing all the functional and isokinetic tests. The exclusion criteria were the presence of cardiovascular, respiratory, vestibular, neurological or metabolic disease as referred to by the volunteers; the presence of bone, joint and/or



ligament injury; prior lower limb surgery; or the presence of pain in the hip, knee or ankle during physical activity.

During the data collection, 3 volunteers were unable to perform all the isokinetic tests due to the presence of nonspecific pain in the knee, and were thus excluded from the sample for not completing the assessment procedure. Thus, 32 volunteers were allocated for statistical analyses involving the isokinetic and functional tests.

All participants signed an informed consent form prior to the assessments, and all the testing procedures were approved by the XXXX University Ethics Committee for Human Investigations.

## **Procedures**

Before testing, we collected the demographic information, including age, height, body mass (Table 1), physical activity level and dominant lower limb, for each participant. We defined the dominant limb as the one preferred by the volunteers to kick a ball as far as possible. All the tests were performed with this limb since we believe that this one better reflects the maximum strength and muscle power of the volunteers. A physical therapist (XXXX) then submitted the participants to a standardized physical examination to screen the participants based on the inclusion and exclusion criteria.

**Functional Assessment:** Prior to the functional assessment, each participant completed a 5-minute submaximal warm-up on a treadmill (BH Fitness Explorer Proaction) at a speed of 1.66 m/s, followed by stretching of the thigh muscles. They were then submitted to a familiarization process consisting of three attempts at each functional test

conducted in a random order (draw) among the participants in order to minimize the influence of one test on the others.

To measure the distance jumped in the TLJ, a standard tape measure was fixed to the ground, perpendicular to the starting line of the test, while a progressive digital stopwatch (Cronobios SW2018) was used to measure the execution time of the TH. Each subject began both tests standing on the dominant limb with the big toe immediately behind the starting line and with the arms positioned behind the body to prevent any contribution of the arms balancing during the activity (increasing the functional demand on the limb under consideration). To carry out the TLJ the subjects were instructed to execute three consecutive maximum jumps on the dominant limb, and maintain their balance on the last landing for at least two seconds before placing the contra lateral limb on the ground. For the TH, the volunteers were instructed to complete the set distance (6 meters) performing consecutive jumps on the dominant limb as quickly as possible and crossing the finishing line without slowing down at any point in the test.

The tests were repeated if the volunteers used their arms as a propulsion strategy or if there was a loss of balance during the test. Three valid attempts of each test were carried out, the longest distance achieved during the TLJ normalized according to body height, and the shortest time achieved in the TH, being used for the statistical analyses. All the functional assessments were carried out by the same evaluator (XXXX) in a protocol similar to that used by Bolgla & Keskula<sup>17</sup>, which showed acceptable intraclass correlation coefficients.

**Isokinetic Assessment:** The evaluations of the hip abductor/adductor and rotator medial/lateral IEMPT, as well as that of the knee extensor/flexor were carried out using an isokinetic dynamometer (Biodex Multi-Joint System 2, Biodex Medical Incorporation, New

York, NY, USA) from 48 to 96 hours after the functional assessment. The dynamometer was calibrated at the start of every day of testing. Before testing, each participant completed a warm-up procedure similar to that described above, plus stretching of the hip abductor/adductor and medial/lateral rotators. The evaluations of the hip abductor/adductor and rotator medial/lateral and knee extensor/flexor IEMPT, were carried out at random order (draw) for each volunteer. If the evaluation began with the eccentric hip abduction/adduction torque test, the volunteers were positioned lying down on their side with the dominant limb parallel to the ground in neutral hip flexion/extension and medial/lateral rotation and the knee fully extended. The contra-lateral hip and knee were flexed and fixed with straps. Stabilization of the trunk was carried out using a single belt proximal to the iliac crest. The mechanical rotation axis of the dynamometer was aligned with a point representing the intersection of 2 lines. One line was directed inferiorly from the posterior-superior iliac spine towards the knee, and the other one posteriorly and medially directed from the greater trochanter of the femur towards the midline of the body. The lever arm of the dynamometer was laterally attached to the thigh under test, 5 cm above the base of the patella. The participants were instructed to keep their big toes directed horizontally and to not bend their knees during the test. The range of motion of the test was from 0 (neutral) to 30 degrees of hip abduction.

For the familiarization procedure, the participants performed one series of 5 submaximal and one series of 2 maximal reciprocal eccentric hip abduction and adduction contractions, with a 1-minute interval between series. After a further 1-minute interval, the participants performed 2 series of 5 maximal repetitions with a 3-minute rest period between series. For the evaluation of hip rotator medial/lateral IEMPT, the participants were placed in the sitting position with their knees and hips flexed at 90 degrees and neutral

hip adduction/abduction, with the hip of the limb under test placed at 10 degrees medial rotation. The rotational axis of the dynamometer was then aligned with the center of the patella (long axis of the femur) and the lever arm attached 5cm above the lateral malleolus using straps. Four belts were used to stabilize the trunk and limb under test, two crossing the trunk, one around the pelvis and one on the distal thigh. The range of motion of the test was from 10 degrees of medial hip rotation to 20 degrees of lateral hip rotation, and the angular speed in both hip evaluations was 30 degrees per second. Subsequently the knee extensor/flexor IEMPT was also carried out in the sitting position, with the knees and hips flexed at 90 degrees and in neutral hip adduction/abduction and medial/lateral rotation. The rotational axis of the dynamometer was aligned to the lateral epicondyle of the femur and the lever arm attached 5cm above the lateral malleolus using straps. Stabilization of the participants was identical to that described above. The range of motion of the test was from 90 to 20 degrees of knee flexion (0 degrees full extension) and the angular speed of the test was 60 degrees per second.

Oral encouragement was provided to stimulate the participants to produce the maximum torque. To correct for the influence of gravity on the torque data acquired, the limb was weighed prior to each test according to the instructions found in the manual of the dynamometer, and thus the results of the test were automatically corrected by the data acquisition software. In the statistical analysis, we used the IEMPT obtained for each movement, which could be from either the first or second series, and was normalized according to body mass (Nm/kg). All the isokinetic assessments were performed by the first author (XXXX) using a protocol similar to that used in previous studies published by the author's laboratory, which showed good intrarater reliability<sup>18,19</sup>.

## Statistical Analyses

We obtained descriptive values (means, standard deviations and intervals of variation) for each variable and we calculated the Pearson's correlation coefficients between the dependent (TLJ and TH) and independent (hip abductor, adductor, lateral and medial rotator IEMPT and knee flexor and extensor IEMPT) variables. When two independent variables showed a correlation coefficient of .65 or above, one of the two was removed from the model to avoid errors resulting from multicollinearity. A stepwise analysis was then applied to determine the main predictive variables for the two functional tests. The level of significance used to determine if the independent variables entered the model or not was .05.

## RESULTS

Tables 1 and 2 show the demographic characteristics and descriptive statistics of the variables studied, respectively. Table 3 lists the Pearson's correlation coefficients between the independent variables and the TLJ and TH. Tables 4 and 5 provide a summary of the steps used in the linear stepwise regression analysis for both the functional tests.

All the isokinetic variables were significantly correlated with the TLJ, except for the hip adductor IEMPT. The TLJ showed strong positive correlation with the hip lateral rotator IEMPT, and moderately positive correlation with the hip abductor and medial rotator IEMPT, as also with the knee flexor and extensor IEMPT (Table 3). All the torque variables were significantly correlated with the TH except for the knee extensor IEMPT. The TH presented moderately negative correlation with the hip abductor, lateral and medial

rotator IEMPT and also with the knee flexor IEMPT, and weakly negative correlation with the hip adductor IEMPT (Table 3). There were correlation coefficients of 0.65 or above between two independent variables, and thus the variables of hip medial rotator and adductor IEMPT were removed from both the models.

The results of the regression analysis showed that although the hip lateral rotator IEMPT alone accounted for 51% of the variability in the TLJ results and 45% of the variability in the TH data, the combination of the hip lateral rotator IEMPT with the hip abductor IEMPT and knee flexor IEMPT for TLJ ( $R = 0.82$ ,  $R^2 = 0.68$ ,  $R^2_{\text{fitted}} = 0.65$ ,  $F_{3,28} = 20.50$ ,  $P < .001$ ) (Table 4), and with the hip abductor IEMPT for TH ( $R = 0.76$ ,  $R^2 = 0.58$ ,  $R^2_{\text{fitted}} = 0.55$ ,  $F_{2,29} = 12.74$ ,  $P < .001$ ) (Table 5), provided a more efficient estimate in these tests, respectively. The variable knee extensor IEMPT did not enter any of the regression models, and the variable knee flexor IEMPT did not enter the regression model for TH, since they did not attain levels of significance below .05, a condition necessary to enter the regression models.

## DISCUSSION

Some studies have reported the function of the hip muscles in producing propulsive energy for the execution of functional activities<sup>7,8,20</sup>. In addition other studies have suggested the importance of the eccentric action of the hip abductor and lateral rotator muscles in the control of the dynamic valgus position of the knee and, consequently, in the prevention of knee injuries<sup>11,12,18</sup>. Thus our objective was to verify the relationship existing between the hip and knee eccentric torque and the performance in functional tests, since, as

from these results, it should be possible to prescribe exercises both for preventative purposes and focused on improving the functional performance of athletes.

Our results showed that the eccentric action of the hip musculature, especially that of the lateral and abductor rotators, provided a significant contribution in predicting the yield in the functional activities carried out. We showed that the greater the values for the hip lateral and abductor rotators IEMPT the greater the distances covered in TLJ and the smaller the times in TH. The same collaboration of the eccentric action of the knee flexors in the TLJ was also shown and the absence of any participation of the knee extensor eccentric torque in either of the regression models. No direct comparisons with other studies were possible due to the absence of any such studies on the effect of the eccentric function of the hip and knee musculatures on functional yield. Thus studies on the concentric and isometric actions of these muscles were used in the discussion, and some hypotheses were also formulated with respect to the role of the eccentric action on functional performance.

### **Hip lateral rotator torque**

In the functional tests assessed in the women, the highest values for correlation and prediction were obtained for the hip lateral rotator IEMPT. Numerous studies found in the literature have associated a deficit in eccentric action of this muscle group with the development of knee joint disorders, due to a possible mal-alignment of the lower limb during dynamic activities<sup>21,22</sup>. On accompanying athletes for a two-year period, Leetun et al.<sup>23</sup> reported that a weakness in the hip lateral rotator muscles was an important factor in predicting the installation of spinal and lower limb disorders. In agreement with Boling et

al.<sup>12</sup>, we believe that a deficit in the eccentric function of the hip lateral rotators contributes to an increase in medial rotation of the femur during the landing phase of a jump and, consequently, for the dynamic valgus position of the knee. We hypothesized that this position, in addition to predisposing the knee to rupture of the ACL and to installation of PFPS, could reduce the extensor action of the hip muscles (gluteus maximus and hamstrings) and of the knee (quadriceps) during the propulsion phase of a jump, since the strength vectors of the muscles responsible for accelerating the center of the mass in the sagittal plane would no longer only act in this plane, but would be decomposed in the sagittal and coronal planes. However, we believe that more studies are required to verify a possible relationship between alignments of the lower limb with performance in functional activities.

In addition, since the gluteus maximus muscle contributes to hip lateral rotation<sup>24</sup>, we believe it contributed to the torque values obtained during the carrying out of the isokinetic test for this muscle group. Since it is the main hip extensor, and the main muscle responsible for generating the propulsive strength required during the execution of jumping activities<sup>8</sup>, it is fundamental for the performance of the functional activities evaluated. Guskiewicz et al<sup>7</sup> showed negative correlation between the hip concentric extensor torque and the sprint test ( $r = -0.56$ ), suggesting that the concentric action of the gluteus maximus is an important predictor of the yield in running activities with high energy demand.

According to Simonsen et al<sup>25</sup>, the hip extensor musculature, especially that of the gluteus maximus and the hamstrings, produce considerable eccentric work during the last two thirds of the fly phase of the run, to decelerate the thigh and leg. Such an action would lead to both muscle potentiation and to an accumulation of elastic energy<sup>26</sup>, optimizing hip extension (concentric action) during the ground contact phase. Although running was not



used as a test, we believe that the volunteers with higher values for IEMPT of the hip lateral rotator would take better advantage during the end of the fly phase and during the landing phase (eccentric action), potentizing the propulsion and acceleration of the body mass center in the TLJ and TH, as reflected in better functional performance.

Lees et al<sup>27</sup> showed the individual contribution of the ankle, knee and hip extensor muscles in generating the necessary work to carry out a vertical jump with low, high and maximum energy demands. The results showed that the contributions of the ankle and knee extensor torques did not alter according to the condition of effort, whilst the role of the hip extensor torque (represented mainly by the action of the gluteus maximus) increased according to the greater demand of the activity, being the main action responsible for the energy generated under the maximum conditions. Similar behavior may have occurred in our study, since the activities evaluated showed a great energy demand, probably generated by the action of the gluteus maximus muscle. Thus we believe that both the concentric and eccentric actions of the gluteus maximus are fundamental for the performance of functional activities, and should be considered during physical training aimed at improving performance.

### **Hip abductor and medial rotator torque**

One possible explanation for the positive correlation between hip abductor and medial rotator eccentric torque and TLJ, and for the negative correlation with TH concerns the maintenance of pelvic stability in the frontal plane. It has been proposed that the gluteus medius and the tensor fasciae latae muscles are the main ones responsible for preventing the fall of the contra-lateral pelvis during the weight-bearing activities like walking<sup>28</sup>. Thus

we believe that a deficit in hip abductor and medial rotator eccentric function, represented mainly by the action of the gluteus medius and tensor fasciae latae muscles, respectively, results in a fall of the pelvis contra-lateral to the supporting limb during the sustentation phase of functional activities.

When these muscles do not act effectively to control the pelvis in the coronal plane, a displacement of the body mass center in the direction of the supporting limb may occur, as a consequence of a compensatory lateral inclination of the volunteer's trunk to the same side<sup>28</sup>. In this position, the force of the weight, which should be centered on the pelvis and contra-balanced by the joint action of the gluteus medius and tensor fasciae latae muscles in the frontal plane, and of the hip and knee extensor muscles in the sagittal plane, takes up a lateralized position, and starts acting directly on the supporting limb. We raised the hypothesis that the gluteus maximus, the hamstrings and the quadriceps become overloaded in their function to generate the propulsive work necessary to superpose the force of the weight, since the gluteus medius and tensor fasciae latae will act less in this function than normally due to the displacement of the mass center. Once again, we believe that studies should be carried out to verify correlations between movements of the trunk and functional performance.

Another plausible explanation for the influence of the eccentric function of the hip abductor muscles on the performance in jumping activities is related to their function in controlling the knee movements in the coronal plane. Claiborne et al.<sup>29</sup> and Jacobs & Mattacola<sup>11</sup> showed a negative correlation between the values for the strength of the hip abductor muscles and the dynamic valgus position of the knee during one-leg squatting and landing after a horizontal jump, respectively. Since hip adduction is one of the components of the dynamic valgus position of the knee, we believe that the eccentric dysfunction of the

hip abductor muscles can result in non-alignment of the lower limb during landing from a jump, and in this way disfavor the extensor action of the hamstring and gluteus maximus on the hip and of the quadriceps on the knee, in a mechanism identical to that proposed for the lateral rotator muscles.

We found only two papers in the literature that tried to correlate the force of abduction with the performance of functional activities. Wessel et al.<sup>9</sup> showed a weak negative correlation between hip abductor isometric strength and the time spent in a short sprint by children with arthritis. Kea et al.<sup>16</sup> showed no correlation between the hip abductor concentric torque and the distance covered in lateral one-leg jumps by hockey players. We believe that the different methodologies used for the activities evaluated and the samples themselves contributed to divergences in the results. The need for further research thus became evident in order to elucidate the real function of both the concentric and eccentric functions of this muscle group on the performance in functional activities.

### **Knee flexor and extensor torque**

The majority of the studies reported in the literature that tried to correlate the individual strength of lower limb muscles with the performance in functional tests evaluated the periarticular knee muscles, but conflicting results were found. Hamilton et al.<sup>14</sup> and Greenberger & Paterno<sup>3</sup> showed good correlation between knee concentric extensor torque and performance in sprinting activities by athletes. However, other studies observed insignificant correlations between the concentric action of the quadriceps and jumping<sup>6,32,33</sup> and sprinting<sup>6,33</sup> activities. Our results demonstrated that the extensor IEMPT, although presenting moderately positive correlation with performance in the TLJ, had no

significant relationship with the yield in TH and had insufficient power to enter any of the prediction models.

Simonsen et al<sup>25</sup> showed that although the knee extensor muscles were important in accelerating the center of mass during a sprint, the hip extensors showed greater contribution. Thus, although in the present study the eccentric action of this muscle group was correlated with activities distinct from those carried out by Simonsen et al<sup>25</sup>, we believe that the quadriceps muscle has a restricted function in generating eccentric work during the landing phase when compared to the hip extensors, reflecting in low storage of the energy potential that would optimize the propulsive phase. Therefore, although there is a certain lack of agreement in the literature, we believe that the concentric function of the quadriceps contributes to the yield of the athletes in a more significant way, as observed in previous studies<sup>3,4,30,31</sup>.

Our results also showed that the knee flexor IEMPT correlated positively with the TLJ and negatively with the TH, and is thus an important predictor of the former. It was also shown that the correlation coefficients for the hamstrings were greater than those of the quadriceps. Our results are similar to those obtained by Pincivero et al<sup>5</sup>, who showed greater correlation between the knee flexor concentric torque and the one-leg long jump, when compared to the knee extensor torque. We believe that the hamstrings, due to their hip extensor action, are an important synergist of the gluteus maximus, showing important action in accelerating the body mass center, and also in storing energy during the landing phase on the ground.

## **LIMITATION**

We recognize that the study had some limitations. Although it was assumed that the gluteus maximus contributed to the values obtained in the isokinetic test of hip lateral rotation, we recognize that the best way of evaluating the function of this muscle would be during an extensor assessment of this joint. Another limitation was the sample profile. For reasons of convenience active volunteers were used who carried out physical activity but were not athletes, whereas a sample composed of athletes familiar with the activities evaluated would have better reflected the correlations existing between the variables under study. Thus further studies are recommended to evaluate the hip extensor/flexor eccentric torque in women who practice different sports modalities.

## **CONCLUSION**

The values obtained for the hip abductor and lateral and medial rotator IEMPTs and also for the knee flexor and extensor IEMPTs, showed positive correlation with the distance covered in the TLJ and negative correlation with the time spent in the TH. The present results showed that the hip lateral and abductor eccentric rotator torque, as also knee flexion, were the variables providing the best estimates in the functional tests. It was also shown that the quadriceps eccentric action apparently contributed little to the yield of the activities assessed. It is therefore recommended that the eccentric action of the hip and knee musculatures be evaluated during sporting activities and that emphasis be given to strengthening this musculature with the objective of preventing musculoskeletal injuries to the lower limbs and also to improve functional performance.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We gratefully acknowledge the financial support obtained from *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)*, *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)* and *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)*.

## REFERENCES

1. Kraemer W, Duncan ND, Volek JS. Resistance training and elite athletes: Adaptations and program considerations. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998; 28(2): 110-119.
2. Anderson MA, Cieck IH, Perrin D, Weltman A, Rutt R, Denegar C. The relationships among isometric, isotonic, and isokinetic concentric and eccentric quadriceps and hamstring force and three components of athletic performance. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991; 14(3): 114-120.
3. Greenberger HB, Paterno MV. Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995; 22(5): 202-206.
4. Hamilton RT, Shultz SJ, Schmitz RJ, Perrin DH. Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. *J Athl Train.* 2008; 43(2): 144-151.
5. Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Relation between open and closed kinematic chain assessment of knee strength and functional performance. *Clin J Sport Med.* 1997; 7(1): 11-16.
6. Cronin JB, Hansen KT. Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res.* 2005; 19(2): 349-357.
7. Guskiewicz K, Lephart S, Burkholder R. The relationship between sprint speed and hip flexion/extension strength in collegiate athletes. *Isokin Exer Sci.* 1993; 3(2): 111-116.
8. Robertson DG, Fleming D. Kinetics of standing broad and vertical jumping. *Can J Sport Sci.* 1987; 12(1): 19-23.
9. Wessel J, Kaup C, Fan J, et al. Isometric strength measurements in children with arthritis: Reliability and relation to function. *Arthritis Care Res.* 1999; 12(4): 238-246.
10. Wisløff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med.* 2004; 38: 285-288.
11. Jacobs CA, Uhl T, Mattacola CG. Sex differences in eccentric hip-abductor strength and knee-joint kinematics when landing from a jump. *J Sports Rehabil.* 2005; 14: 346-355.

12. Boling MC, Padua DA, Creighton RA. Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patellofemoral pain. *J Athl Train*. 2009; 44(1): 7-13.
13. 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: 932-938.
14. Chappell JD, Limpisvasti O. Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *Am J Sports Med*. 2008; 36(6): 1081-1086.
15. 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*. 2006; 20(2): 345-353.
16. Kea J, Kramer J, Forwell L, Birmingham T. Hip abduction-adduction strength and one-leg hop tests: Test-retest reliability and relationship to function in elite ice hockey players. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001; 31(8): 446-455.
17. Bolgla L, Keskula DR. Reliability of lower extremity functional performance tests. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1997; 26(3): 138-142.
18. 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): 490-496.
19. Nakagawa TH, Muniz TB, Baldon RM, 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): 1051-1060.
20. Ford KR, Myer GD, Brent JL, Hewett TE. Hip and knee extensor moment predict vertical jump height in adolescent girls. *J Strength Cond Res*. 2009; 23(4): 1327-1331.
21. Powers CM. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33(11): 639-646.
22. Mascal CL, Landel R, Powers C. Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 cases reports. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33(11): 647-660.
23. 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 Exer*. 2004; 36(6): 926-934.
24. Delp SL, Hess WE, Hungerford DS, Jones LC. Variation of rotation moment arms with hip flexion. *J Biomech*. 1999; 32: 493-501.
25. Simonsen EB, Thomsen L, Klausen K. Activity of mono-and-biarticular leg muscle during sprint running. *Eur J Appl Physiol*. 1985; 54: 524-532.
26. Chmielewski TL, Myer GD, Kauffman D, Tillman SM. Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006; 36(5): 308-319.
27. Lees A, Vanrenterghem J, Clercq DD. The maximal and submaximal vertical jump: Implications for strength and conditioning. *J Strength Cond Res*. 2004; 18(4): 787-791.

28. Hughes PE, Hsu JC, Matava MJ. Hip Anatomy and Biomechanics in the Athlete. *Sports Med Arthrosc Review*. 2002; 10: 103-114.
29. Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, Pincivero DM. Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *J Appl Biomech*. 2006; 22: 41-50.
30. Newman A, Tarpennig KM, Marino FE. Relationship between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *J Strength Cond Res*. 2004; 18(4): 867-872.
31. Dowson MN, Nevill ME, Lakomy HK, Nevill AM, Hazeldine RJ. Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. *J Sports Sci*. 1998; 16: 257:265.
32. Östenberg A, Roos E, Ekdahl C, Roos H. Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. 1998; 8: 257-264.
33. Raquena B, González-Badillo JJ, de Villareal ES, et al. Functional performance, maximal strength, and power characteristics in isometric and dynamic actions of lower extremities in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2009; 23(5): 1391-1401.



**Table 1: Demographic Characteristics of the Volunteers**

	Mean	Standard Deviation	Range
Age (years)	20.3	1.7	18.0 – 25.0
Height (cm)	163.7	6.4	150.0 – 173.0
Body mass (kg)	59.3	6.1	50.3 – 72.0
Body mass index	22.1	1.9	18.4 – 25.8

**Table 2: Distance Covered in the Triple Jump (cm) Normalized According to Height (cm), Time Taken in the 6-meter One-Leg Hop (Hundredths of Seconds), Hip Abductor, Adductor, Medial and Lateral Rotator Isokinetic Eccentric Maximum Peak Torque (IEMPT) Values and the Knee Extensor and Flexor IEMPTs, Normalized According to Body Weight (Nm/kg)**

Variables	Mean $\pm$ SD	Range
Distance in the one-leg triple long jump	2.19 $\pm$ 0.26	1.67 – 2.72
Time in the 6 meter one-leg hop	232.70 $\pm$ 27.76	180 – 275
Hip abductor IEMPT	1.32 $\pm$ 0.19	1.01 – 1.84
Hip adductor IEMPT	2.02 $\pm$ 0.24	1.58 – 2.6
Hip lateral rotator IEMPT	0.82 $\pm$ 0.14	0.58 – 1.22
Hip medial rotator IEMPT	1.53 $\pm$ 0.35	0.88 – 2.25
Knee extensor IEMPT	3.48 $\pm$ 0.52	2.42 – 4.46
Knee flexor IEMPT	1.43 $\pm$ 0.18	1.05 – 1.83

**Table 3: Pearson's Correlation Coefficients for the One-Leg Triple Long Jump Distance (cm) (TLJ) Normalized According to Body height (cm) and the Time Taken in the 6 Meter One-Leg Hop (Hundredths of Seconds) (TH) with the Isokinetic Eccentric Maximum Peak Torque (IEMPT) Values Obtained for the Hip Abductors, Adductors and Lateral and Medial Rotators and the Knee Extensors and Flexors, Normalized According to Body Weight (Nm/kg)**

	TLJ	TH	IEMPT Hip Abductor	IEMPT Hip Adductor	IEMPT Hip Lateral Rotator	IEMPT Hip Medial Rotator	IEMPT Knee Extensor	IEMPT Knee Flexor
TLJ	1.00	-0.73 <sup>a</sup>	0.56 <sup>a</sup>	0.26	0.72 <sup>a</sup>	0.65 <sup>a</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.60 <sup>a</sup>
TH		1.00	-0.55 <sup>a</sup>	-0.39 <sup>a</sup>	-0.68 <sup>a</sup>	-0.54 <sup>a</sup>	-0.30	-0.42 <sup>a</sup>
IEMPT hip abductor			1.00	0.68 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.59 <sup>a</sup>	0.21	0.25
IEMPT hip adductor				1.00	0.20	0.38 <sup>a</sup>	0.40 <sup>a</sup>	0.30
IEMPT hip lateral rotator					1.00	0.65 <sup>a</sup>	0.30	0.52 <sup>a</sup>
IEMPT hip medial rotator						1.00	0.28	0.47 <sup>a</sup>
IEMPT knee extensor							1.00	0.48
IEMPT knee flexor								1.00

<sup>a</sup> Indicates P < .05

**Table 4: Results for the Regression Analysis of the Independent Variables Estimating the Distance Covered in the One-Leg Triple Jump According to Body Height**

Independent Variables	Parameter Estimated	Standard Error	P <sup>d</sup>
<b>1<sup>st</sup> step<sup>a</sup></b>			
Hip lateral rotator peak torque	1.32	0.22	< .001
<b>2<sup>nd</sup> step<sup>b</sup></b>			
Hip lateral rotator peak torque	1.09	0.21	< .001
Hip abductor peak torque	0.45	0.16	.009
<b>3<sup>rd</sup> step<sup>c</sup></b>			
Hip lateral rotator peak torque	0.84	0.23	.001
Hip abductor peak torque	0.43	0.15	.009
Knee flexor peak torque	0.39	0.17	.03

<sup>a</sup> R<sup>2</sup> fitted = 0.51, P < .001 (for the model in this step)

<sup>b</sup> R<sup>2</sup> fitted = 0.60, P < .001 (for the model in this step)

<sup>c</sup> R<sup>2</sup> fitted = 0.65, P < .001 (for the model in this step)

<sup>d</sup> For each variable at each step

**Table 5: Results for the Regression Analysis of the Independent Variables Estimating the Time Taken in the One-Leg 6 Meter Hop**

Independent Variables	Parameter Estimated	Standard Error	P <sup>c</sup>
<b>1<sup>st</sup> step<sup>a</sup></b>			
Hip lateral rotator peak torque	-129.46	25.60	<.001
<b>2<sup>nd</sup> step<sup>b</sup></b>			
Hip lateral rotator peak torque	-105.89	24.57	<.001
Hip abductor peak torque	-50.84	18.28	.009

<sup>a</sup> R<sup>2</sup> fitted = 0.45, P < .001 (for the model in this step)

<sup>b</sup> R<sup>2</sup> fitted = 0.55, P < .001 (for the model in this step)

<sup>c</sup> For each variable at each step



Journal of Athletic Training - Windows Internet Explorer

http://jat.msubmit.net/cgi-bin/main.plex?form\_type=status\_details&ms\_id=2167&ms\_rev\_no=0&ms\_id\_key=mpe6WhdDeA

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Google Pesquisar Compartilhar Google Sidewiki Favoritos Fazer login

Journal of Athletic Training

# Journal of Athletic Training

Manuscript Home Author Instructions Reviewer Instructions Help Tips Logout Journal Home

## Detailed Status Information

Manuscript #	<a href="#">JAT0275-09</a>
Current Revision #	0
Submission Date	2009-12-13 12:08:43
Current Stage	Under Review
Title	Relationships between isokinetic hip and knee eccentric torque and functional performance
Manuscript Type	Original Research
Special Section	N/A
Corresponding Author	Dr. Fábio Serrão (Universidade Federal de São Carlos)
Contributing Authors	Rodrigo Baldon , Daniel Lobato , Lívia Carvalho , Paloma Wun , Cátia Presotti
	Context: Recently, attention in the sports arena has been given to the eccentric hip muscles function, both in the prevention of musculoskeletal injuries and to improve performance. However, no studies have verified the relationship between the eccentric action of these muscles and functional performance. Objective: Determine the key isokinetic variables of hip and knee eccentric







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  
 propq@power.ufscar.br - <http://www.propq.ufscar.br/>

## CAAE 0146.0.135.000-09

**Título do Projeto:** EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE CONTRACEPTIVOS ORAIS, DO TREINAMENTO DE ESTABILIZAÇÃO LOMBO-PÉLVICA/FORTALECIMENTO DOS MÚSCULOS DO QUADRIL E DO TREINAMENTO PLIOMÉTRICO EM CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS, CINÉTICAS E FUNCIONAIS DO MEMBRO INFERIOR

**Classificação:** Grupo III

**Procedência:** Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

**Pesquisadores (as):** Fábio Viadanna Serrão, Daniel Ferreira Moreira Lobato (colaborador), Paloma Yan Lam Wun (colaboradora), Ana Flávia dos Santos (colaboradora), André Pantalena Yoshimatsu (colaborador), André Luiz Francisco (colaboradora)

**Processo nº:** 23112.004132/2009-23

### Parecer Nº. 450/2009

#### 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

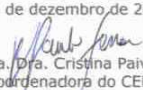
O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

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, 3 de dezembro de 2009.

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

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)