

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

DANIEL FERREIRA MOREIRA LOBATO

**EFEITO DO USO DE CONTRACEPTIVOS ORAIS E DO
TREINAMENTO PLIOMÉTRICO NA BIOMECÂNICA DO
MEMBRO INFERIOR EM ATIVIDADES FUNCIONAIS**

SÃO CARLOS

2012

**EFEITO DO USO DE CONTRACEPTIVOS ORAIS E DO
TREINAMENTO PLIOMÉTRICO NA BIOMECÂNICA DO
MEMBRO INFERIOR EM ATIVIDADES FUNCIONAIS**

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

DANIEL FERREIRA MOREIRA LOBATO

**EFEITO DO USO DE CONTRACEPTIVOS ORAIS E DO
TREINAMENTO PLIOMÉTRICO NA BIOMECÂNICA DO
MEMBRO INFERIOR EM ATIVIDADES FUNCIONAIS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Fisioterapia. Área de Concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia do Sistema Músculo-esquelético

Orientador: Prof. Dr. Fábio V. Serrão

SÃO CARLOS

2012

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

L796ec

Lobato, Daniel Ferreira Moreira.

Efeito do uso de contraceptivos orais e do treinamento pliométrico na biomecânica do membro inferior em atividades funcionais / Daniel Ferreira Moreira Lobato. -- São Carlos : UFSCar, 2012.
177 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

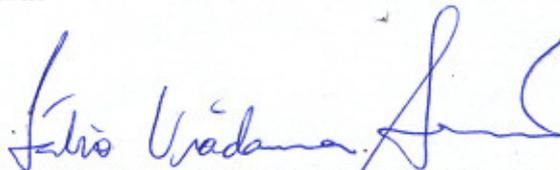
1. Fisioterapia. 2. Biomecânica. 3. Ligamento cruzado anterior. 4. Anticoncepcionais orais. 5. Pliometria. 6. Cinemática. I. Título.

CDD: 615.82 (20^a)

FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da banca examinadora para defesa de tese de doutorado de DANIEL FERREIRA MOREIRA LOBATO, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, em 23 de Fevereiro de 2012

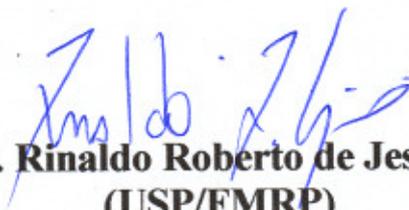
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão
(UFSCar)



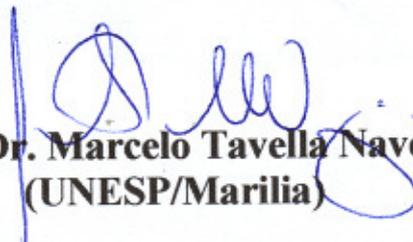
Prof.^a Dr.^a Ana Beatriz de Oliveira
(UFSCar)



Prof. Dr. Rinaldo Roberto de Jesus Guirro
(USP/FMRP)



Prof. Dr. Alexandre Dias Lopes
(UNICID)



Prof. Dr. Marcelo Tavella Navega
(UNESP/Marília)

*A **Deus**,
que está sempre ao nosso lado,
em tudo o que fazemos, iluminando nossos caminhos.*

*A meus pais, **Benedito e Janira**,
por todo o esforço empenhado em minha formação e por
entender, desde o início, que as distâncias físicas por vezes são necessárias.*

*- Às minhas irmãs, **Simone e Suzana**,
pelos valores compartilhados (próximo ou distante) ao longo do tempo.*

*- À minha esposa **Beatriz**,
pelo exemplo de amor, companheirismo e apoio.
Por me mostrar, a cada dia, que juntos somos UM só.*

*- Aos meus filhos, **Carlos Eduardo e Isabella**,
tesouros responsáveis pela alegria de meus dias.
Por entenderem os momentos turbulentos e minhas ausências.*

AGRADECIMENTOS

Qualquer pessoa que leia este trabalho, tendo ou não passado por alguma experiência semelhante, pode imaginar as dificuldades que permeiam esse processo.

Para esta etapa ser atingida, inúmeras pessoas apresentaram algum tipo de contribuição em minha vida e em meu trabalho: direta ou indireta, consciente ou inconsciente, voluntária ou solicitada, em essência ou pontual.

Independentemente da forma como elas tenham contribuído, este é um momento e um espaço de tentar, utopicamente, expressar os meus agradecimentos:

À **Universidade Federal de São Carlos - UFSCar**, aqui representada por seu reitor **Prof. Dr. Targino de Araújo Filho**, pela oportunidade concedida em iniciar os meus estudos em nível superior e prosseguir com esses estudos em nível de pós-graduação *strictu sensu*, com a realização do curso de Mestrado (2007) e o de Doutorado.

Aos **docentes** do curso de **graduação** e do **Programa de pós-graduação em Fisioterapia** da UFSCar, por serem responsáveis diretos por minha formação profissional, por compartilhar conhecimentos, reconhecer e aprimorar habilidades e por auxiliar a adquirir um prazer crescente pelo tripé ensino-pesquisa-extensão.

Aos **funcionários** do curso de graduação e do Programa de pós-graduação em Fisioterapia da UFSCar, pelo convívio, pela paciência e pelo apoio oferecidos durante esses 10 anos de FEDERAL.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**CNPq**), pelo auxílio concedido em função da aprovação deste Projeto no Edital Universal e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (**FAPESP**), pelas bolsas de Iniciação Científica concedidas aos discentes da graduação vinculados a este Projeto.

Ao **Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão**, por me acolher em seu laboratório como primeiro orientando de Mestrado e como primeiro orientando de Doutorado. Obrigado por acreditar em meu esforço e em meu trabalho. Acho que aprendemos muito um com o outro nesse processo. Espero continuarmos em parceria, compartilhando e produzindo conhecimentos.

À **Profª. Drª. Vanessa Monteiro-Pedro**, a quem não tenho encontrado há algum tempo, mas pela qual sempre terei um carinho muito especial, pois foi a responsável por minha Iniciação Científica e por minhas primeiras lições no mundo da pesquisa.

À **Profª. Drª. Ana Beatriz de Oliveira**, pela prontidão no aceite em compor esta Banca Examinadora e por todas as considerações realizadas em relação a este trabalho. Conheço você desde o seu ingresso na graduação e sou testemunha de seu amadurecimento e capacidade profissional. Continue sempre assim.

Ao **Prof. Dr. Rinaldo Roberto de Jesus Guirro**, ao **Prof. Dr. Alexandre Dias Lopes** e ao **Prof. Dr. Marcelo Tavella Navega**, por apresentarem-se sempre solícitos aos convites realizados para compor esta Banca Examinadora, bem como pelas contribuições a serem realizadas para o presente trabalho.

Ao **Prof. Dr. José Ângelo Barela** e ao **Prof. Dr. Jamilson Simões Brasileiro**, pelas considerações realizadas no Exame de Qualificação deste trabalho. A ausência de vocês nesta Banca Examinadora não desmerece, de modo algum, as valiosas contribuições anteriores.

À **Profª. Drª. Tatiana de Oliveira Sato**, ao **Prof. Dr. Rubens Correa Araújo** e à **Profª. Drª. Daniela Cristina Carvalho de Abreu**, pela prontidão no aceite em compor esta Banca Examinadora.

À **Profª. Drª. Paula Hentschel Lobo da Costa**, pelo conhecimento compartilhado durante esses últimos anos e por fornecer o espaço e equipamentos do Laboratório de Análise do Movimento (NAM) para a execução de parte desta pesquisa.

Ao **Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago**, pelo auxílio na condução da metodologia relacionada à avaliação cinemática, bem como pelo empenho na elaboração de rotinas matemáticas para o processamento dos dados.

Aos **amigos e parceiros** do Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (**LAIOT**), no qual ingressei há exatos 12 anos. Neste período, pude conviver com diversas pessoas, cada qual com as suas características particulares, que se complementam e explicam o sucesso desse laboratório.

Aos fisioterapeutas **Paloma Yan Lam Wun**, **Livia Pinheiro Carvalho**, **Ana Flávia dos Santos**, **Andréa Luiz Francisco** e **André Pantalena Yoshimatsu**, pela dedicação a este trabalho como discentes de Iniciação Científica, pela oportunidade de compartilhar conhecimentos e por todo o apoio oferecido durante o período.

Ao amigo doutorando **Rodrigo de Marche Baldon**, que participou ativamente de todas as etapas deste Projeto, desde a sua concepção. Vivenciamos muitas dificuldades juntos... e sobrevivemos, garoto... Saiba que tenho em você uma referência pessoal e profissional... e também nesta Tese...

Ao amigo mestrando **Rodrigo Scattone da Silva**, que sempre foi uma pessoa muito próxima, me auxiliando de diversas formas durante os últimos dois anos. Também o tenho como referência, garoto, e desejo muito sucesso em sua trajetória.

Aos amigos e colegas do Programa de pós-graduação em Fisioterapia (**PPG-Ft**) da UFSCar. Obrigado pelo apoio, por compartilhar conhecimentos e pela convivência.

Aos amigos de **São Carlos**, da boa e velha FISIO 99. Sinto saudades de vocês. Esta é mais um momento de dizer que aqueles quatro anos foram inesquecíveis.

Aos amigos de **Taubaté**, minha cidade natal. Embora o tempo e as escolhas de cada um se encarreguem de nos afastar um pouco, considero todos vocês como muito importantes em minha formação.

Aos amigos e colegas de trabalho do Centro Integrado de Reabilitação (**CIR**) do Hospital Estadual de Ribeirão Preto. Muito obrigado pelo apoio nos últimos tempos e pela boa convivência no trabalho. Acho que juntos formamos um ótimo time.

Aos amigos, colegas de trabalho e discentes do curso de Fisioterapia do Centro Universitário **UNISEB-COC**, em especial à **Profª. Drª. Cristiane Soncino Silva**. Muito obrigado pela confiança depositada em meu trabalho, pelas oportunidades oferecidas, bem como pelo incentivo à conclusão desta etapa.

A todos os **voluntários (as)** que fizeram parte deste Projeto. Sem vocês nada disso seria possível. Obrigado pela atenção e pela consideração em relação a este trabalho. Por entenderem a necessidade de participação e por disponibilizarem uma boa parte de seu tempo com avaliações e treinamentos que por vezes pareciam intermináveis.

A todos os **meus familiares**, em especial a meus pais, minhas irmãs, minha esposa e meus filhos. A vocês eu devo tudo... Amo muito a todos vocês!

A Pedra

*"O distraído nela tropeçou...
O bruto a usou como projétil.
O empreendedor, usando-a, construiu.
O camponês, cansado da vida, dela fez assento.
Para meninos, foi brinquedo.
Drummond a poetizou.
Já David, matou Golias, e Michelangelo extraiu-lhe a mais bela escultura...
E em todos esses casos, a diferença não esteve na pedra, mas no Homem!"*

*Não existe 'pedra' no seu caminho que você não possa
aproveitá-la para o seu próprio crescimento."*

Fenelon Portilho

RESUMO

O objetivo do Estudo 1 foi avaliar o efeito do uso dos contraceptivos orais (CO) na cinemática do quadril e do joelho durante o agachamento unipodal em mulheres saudáveis. Quarenta e duas voluntárias foram divididas em dois grupos: que utilizavam ($n=21$) ou não ($n=21$) os CO. As excursões (máximas e no ângulo de 75° de flexão do joelho) em abdução/adução do joelho, em abdução/adução do quadril e em rotação medial/lateral do quadril foram verificadas durante a realização do agachamento unipodal com o membro inferior dominante. Não houve diferença significativa entre os grupos quanto à máxima excursão em abdução do joelho ($p=0,26$) e em adução ($p=0,10$) e rotação medial ($p=0,94$) do quadril. Quando considerado o ângulo de 75° de flexão do joelho, nenhuma diferença significativa foi verificada entre os grupos para os valores de excursão em abdução do joelho ($p=0,31$) e em adução ($p=0,11$) e rotação medial ($p=0,85$) do quadril. Estes achados sugerem que o uso de CO não influencia a cinemática do joelho e do quadril durante a realização do agachamento unipodal. De forma complementar, o Estudo 2 teve por objetivo avaliar os efeitos do uso de CO na cinemática do quadril e do joelho de mulheres saudáveis durante a descida anterior de degraus. Quarenta voluntárias foram divididas em dois grupos: que utilizavam ($n=20$) ou não ($n=20$) os CO. As excursões em abdução/adução do joelho, abdução/adução do quadril e rotação medial/lateral do quadril foram calculadas para o membro dominante durante a descida anterior de degraus. Nenhuma diferença significativa foi verificada entre os grupos para a excursão máxima em abdução do joelho ($p=0,58$) ou em adução ($p=0,29$) e rotação medial ($p=0,42$) do quadril. Quando considerado o ângulo de flexão do joelho de 50°, nenhuma diferença foi verificada entre os grupos para a excursão em abdução do joelho ($p=0,92$) ou em adução ($p=0,50$) e rotação medial/lateral ($p=0,19$) do quadril. Estes resultados sugerem que o uso de CO não influencia a cinemática do quadril e do joelho durante a descida anterior de degraus. A proposta do Estudo 3 foi verificar os efeitos do treinamento pliométrico (TP) de 8 semanas na cinemática e no torque excêntrico do quadril e do joelho, bem como sobre o desempenho funcional do membro inferior de mulheres saudáveis. Trinta e seis mulheres foram divididas em dois grupos: 1) grupo treinamento (GT; $n=18$) e 2) grupo controle (GC; $n=18$). A análise cinemática do quadril e do joelho foi realizada durante o agachamento unipodal e o desempenho funcional foi avaliado por meio do salto triplo unipodal (STU) e pelo salto unipodal em 6 metros cronometrado (SUC). A relação torque excêntrico abductor, adutor, rotador lateral e rotador medial do quadril/massa corporal e o torque excêntrico flexor e extensor do joelho/massa corporal foram mensurados por meio de um dinamômetro isocinético. Após 8 semanas, o GT apresentou diminuição da excursão máxima em abdução do joelho ($p=0,009$) e em adução do quadril ($p<0,001$), bem como da excursão em adução do quadril a 75° de flexão do joelho ($p=0,002$). Além disso, o GT apresentou melhora no desempenho funcional para o STU ($p=0,05$) e para o SUC ($p<0,001$). Entretanto, não houve modificação significativa nos torques excêntricos do quadril e do joelho. Deste modo, o TP oito semanas foi eficiente para induzir alterações positivas de ordem cinemática e funcional nas mulheres avaliadas. Contudo, não apresentou eficiência para promover o fortalecimento dos músculos do quadril o joelho.

Palavras-chave – contraceptivos orais, ligamento cruzado anterior, pliométria, cinemática, isocinética, desempenho funcional.

ABSTRACT

The aim of Study 1 was to evaluate the effects of using oral contraceptives (OC) on the hip and knee kinematics of healthy women during single-leg squat. Forty two volunteers were divided into two groups: women who had used OC ($n= 21$) and women who did not use OC ($n= 21$). The knee abduction/adduction, hip abduction/adduction and medial/lateral rotation excursions (maximum and at 75° of knee flexion) were calculated for the dominant limb during single-leg squat. No significant difference was verified between the groups regarding the maximum excursion of knee abduction ($p= 0.26$) or hip adduction ($p= 0.10$) and medial rotation ($p= 0.94$). When considering the knee flexion at 75° , no significant difference was verified between the groups regarding the excursion of knee abduction ($p= 0.31$) or hip adduction ($p= 0.11$) and medial rotation ($p= 0.85$). These results suggest that the use of OC does not influence the hip and knee kinematics during single-leg squat. As a complement, the aim of Study 2 was to evaluate the effects of using OC on the hip and knee kinematics of healthy women during anterior stair descent. Forty volunteers were divided into two groups: women who had used OC ($n= 20$) and 2 - women who did not use OC ($n= 20$). The knee abduction/adduction, hip abduction/adduction and medial/lateral rotation excursions were calculated for the dominant (supporting) limb during anterior stair descent. No significant difference was verified between the groups regarding the maximum excursion of knee abduction ($p= 0.58$) or hip adduction ($p= 0.29$) and medial rotation ($p= 0.42$). When considering the knee flexion at 50° , no significant difference was verified between the groups regarding the excursion of knee abduction ($p= 0.92$) or hip adduction ($p= 0.50$) and medial/lateral rotation ($p= 0.19$). These results suggest that the use of OC does not influence the hip and knee kinematics during anterior stair descent. The aim of Study 3 was to verify the effects of eight-week plyometric training (PT) on hip and knee kinematics and on eccentric hip and knee torques, as well as on lower limb functional performance in healthy women. Thirty-six females were divided into a training group (TG; $n= 18$), and a control group (CG; $n= 18$). Kinematic analyses of the hip and knee was carried out during the single-leg squat and the functional performance was evaluated by way of the triple hop (TH) test and the six-meter timed hop (STH) test. The eccentric hip abductor, adductor, lateral rotator and medial rotator as well as the knee flexor and extensor torques/body weight were measured using an isokinetic dynamometer. After 8 weeks, the TG showed a decrease in maximum excursion to knee abduction ($p= 0.009$) and in maximum excursion to hip adduction ($p<0.001$), as well as in the excursion to hip adduction at 75° of knee flexion ($p=0.002$). Moreover, the TG significantly increased the values obtained in the TH test ($p=0.05$) and significantly decreased those obtained in the STH test ($p<0.001$) after intervention. However, there was no significant change on hip and knee eccentric torques. Thus, eight weeks of PT were effective to improve hip and knee kinematics and functional performance of women in hop tests. However this was apparently not an effective method to promote strengthening of the hip and knee muscles when used alone.

Key-words – oral contraceptives, anterior cruciate ligament, plyometrics, kinematics, isokinetics, functional tests.

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
<hr/> ESTUDO 1 <hr/>	
Figura 1 – Imagens obtidas por cada uma das câmeras digitais (C1-C4)	36
Figura 2 – Objeto utilizado para a calibração das câmeras e para definir o sistema de referência global	37
Figura 3 – Voluntária na posição anatômica (estática em apoio simples) para a realização do agachamento unipodal, vistos pelas câmeras 1 (A), 2 (B), 3 (C) e 4 (D)	38
Figura 4 – Seqüência de imagens obtidas durante o agachamento unipodal (câmera 1)	39
<hr/> ESTUDO 2 <hr/>	
Figura 1 – Voluntária na posição anatômica (estática em apoio simples) para a realização da descida anterior de degraus (câmera 2)	57
Figura 2 – Seqüência de imagens obtidas durante a descida anterior de degraus (câmera 2)	58
<hr/> ESTUDO 3 <hr/>	
Figura 1 – Realização do salto triplo unipodal (STU)	78
Figura 2 – Posicionamento da voluntária para a avaliação do torque excêntrico abductor e adutor do quadril.	80
Figura 3 – Posicionamento da voluntária para a avaliação do torque excêntrico rotador medial e lateral do quadril.	81
Figura 4 – Posicionamento da voluntária para a avaliação do torque excêntrico flexor e extensor do joelho.	82
Figura 5 – Manutenção da posição atlética por 5 segundos	85
Figura 6 – Salto vertical unipodal + manutenção da posição atlética em apoio unipodal por 5 segundos	86
Figura 7 – Salto com flexão de quadril (<i>tuck jump</i>) em vista lateral e anterior	87

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
<hr/> ESTUDO 1 <hr/>	
Tabela 1 – Dados antropométricos, demográficos e medidas cinemáticas relacionadas ao quadril e joelho na posição anatômica (média e DP) ($n=21$).	41
Tabela 2 – Medidas cinemáticas relacionadas ao quadril e joelho durante o agachamento unipodal (média e DP) ($n=21$).	41
<hr/> ESTUDO 2 <hr/>	
Tabela 1 – Dados antropométricos, demográficos e medidas cinemáticas na posição anatômica (média e DP) ($n=20$).	60
Tabela 2 – Medidas cinemáticas do quadril e do joelho durante a descida anterior de degraus (média e DP) ($n=20$).	60
<hr/> ESTUDO 3 <hr/>	
Tabela 1 – Perfil antropométrico e demográfico dos sujeitos	74
Tabela 2 - Programa de treinamento pliométrico utilizado como intervenção (8 semanas)	84
Tabela 3 - Medidas cinemáticas do quadril e do joelho dos sujeitos na posição anatômica	89
Tabela 4 - Medidas cinemáticas do quadril e do joelho durante o agachamento unipodal nos períodos pré-treinamento (linha de base - GC) e pós-treinamento (após 8 semanas - GC)	90
Tabela 5 - Medidas de desempenho funcional e isocinético pré-treinamento (linha de base - GC) e pós-treinamento (após 8 semanas - GC)	92

SUMÁRIO

	PÁGINA
CONTEXTUALIZAÇÃO	15
TEMA DE INTERESSE DO ESTUDO	22
REFERÊNCIAS	23
HISTÓRICO DA COMPOSIÇÃO DA TESE	28
ESTUDO 1	
INTRODUÇÃO	33
MATERIAIS E MÉTODOS	35
RESULTADOS	40
DISCUSSÃO	42
PERSPECTIVAS	45
REFERÊNCIAS	46
ESTUDO 2	
INTRODUÇÃO	53
MATERIAIS E MÉTODOS	55
RESULTADOS	59
DISCUSSÃO	61
CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64
ESTUDO 3	
INTRODUÇÃO	70
MÉTODOS	73
RESULTADOS	89
DISCUSSÃO	93
APLICAÇÕES PRÁTICAS	102
REFERÊNCIAS	103
APÊNDICES	108
ANEXOS	119

CONTEXTUALIZAÇÃO

Efeitos do treinamento pliométrico na biomecânica do membro inferior

Há um recente interesse no campo da Medicina Esportiva em tentar explicar a incidência desproporcional de lesões do ligamento cruzado anterior (LCA) entre os gêneros. Estudos epidemiológicos indicam que a prevalência dessas lesões, em número absoluto, é maior na população masculina (HERTEL et al., 2006). Entretanto, ao considerar-se um mesmo número de indivíduos (para ambos os gêneros), praticantes do mesmo esporte e na mesma intensidade, verifica-se a inversão desse panorama (YEN & HAME, 2004), com as mulheres apresentando probabilidade de ocorrência dessas lesões de duas a oito vezes maior do que os atletas do gênero masculino (ARENDDT & DICK, 1995).

A causa dessa discrepância de lesões entre os gêneros é considerada multifatorial (SLAUTERBECK et al., 2002), envolvendo fatores anatômicos (ANDERSON et al., 2001), neuromusculares (McLEAN et al., 2004) e hormonais (IRELAND & OTT, 2004). Desses, os únicos passíveis de algum tipo de intervenção são os dois últimos (MARTINEAU et al., 2004). Neste sentido, vários pesquisadores têm buscado estudar estratégias preventivas à lesão do LCA em mulheres (POLLARD et al., 2004; MYER et al., 2006) e, uma vez que não é possível atuar profilaticamente sobre os fatores anatômicos, o foco dos estudos tem ocorrido sobre os fatores neuromusculares e hormonais (ZAZULAK et al., 2007).

Sabe-se que as mulheres tendem a apresentar estratégias de controle neuromuscular alteradas e/ou diminuídas durante tarefas atléticas comuns, tais como as mudanças de direção e as aterrissagens de um salto (MYER et al., 2004; MYER et al., 2006; VESCOVI et al., 2008). Essas alterações podem levar a movimentos e cargas anormais nas articulações do membro inferior, diretamente relacionadas a um aumento do risco de lesão do LCA (CHAPPELL et al.; 2002, FORD et al., 2003; HEWETT et al., 2005; MYER et al., 2006). Deste modo, a possibilidade de modificar essas estratégias por meio de intervenções específicas tem resultado em um crescente interesse de estudos na área (KIPP et al., 2011).

O aumento do movimento em valgo do joelho durante atividades esportivas é considerado um dos principais mecanismos de lesão do LCA em mulheres

(BODEN et al., 2000; HEWETT et al., 2005; RUSSELL et al., 2006; MYER et al., 2006). Esse mecanismo, denominado de valgo dinâmico, é definido como o movimento ou posicionamento da região distal da tíbia para longe da linha sagital mediana do corpo, enquanto a região distal do fêmur aproxima-se dessa linha (HEWETT et al., 2005). Assim, o valgo dinâmico do joelho é composto de adução e rotação medial do fêmur e de abdução e rotação lateral da tíbia (ZAZULAK et al., 2005; POWERS, 2010).

Durante as atividades esportivas, as mulheres tendem a apresentar maior excursão em adução e rotação medial do quadril e maior excursão em abdução do joelho (quando comparadas aos homens), o que resulta em um maior ângulo em valgo do joelho (MALINZAK et al., 2001; CHAPPELL et al., 2002; FORD et al., 2003; JACOBS et al., 2007). Uma vez que os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril têm um importante papel (por meio de suas ações excêntricas) no controle da adução (DIERKS et al., 2008) e rotação medial (POWERS, 2010) excessivas do quadril, bem como da abdução excessiva do joelho (JACOBS & MATTACOLA, 2005), supõe-se que a fraqueza dessa musculatura, comumente observada em mulheres (COWAN & CROSSLEY, 2009), pode levar a um déficit no controle dinâmico do quadril e do joelho, predispondo à ocorrência de lesões do LCA (POWERS, 2010; BALDON et al., 2012). Deste modo, diversos estudos têm indicado que um programa preventivo para as lesões do LCA deve envolver o fortalecimento desses músculos, com a finalidade de reduzir os movimentos articulares excessivos no quadril e no joelho e, conseqüentemente, a sobrecarga sobre o ligamento (CHAPPELL et al., 2002; MYER et al., 2006; MYER et al., 2008; BALDON et al., 2012).

Adicionalmente, constata-se que as mulheres, ao aterrissar de um salto, tendem a apresentar um padrão de movimento com menor flexão de quadril e de joelho do que os homens (MALINZAK et al., 2001; CHAPPELL et al., 2002; LEPHART et al., 2005). Este mecanismo, comumente referido como aterrissagem “dura” (VESCOVI et al., 2008; POLLARD et al., 2010), revela a maior dependência feminina em relação à ação excêntrica do músculo quadríceps durante este gesto motor, padrão conhecido como quadríceps-dominante (MYER et al., 2004; HEWETT et al., 2006; HUSTON et al., 2006). Essa condição representa um desequilíbrio de força e de recrutamento (tempo de ativação ou reação) entre os músculos

extensores e flexores do joelho, com ativação preferencial dos primeiros em detrimento à ação dos últimos (HEWETT et al., 1996; MYER et al., 2004). Assim, em mulheres, é comum ocorrer a ativação excessiva do músculo quadríceps em tarefas atléticas, enquanto os músculos isquiotibiais permanecem com sua função diminuída (MYER et al., 2004). Considerando o papel dos músculos flexores do joelho em controlar, por meio de sua ação excêntrica, a translação anterior da tíbia sob o fêmur (gerada pelo vetor de ação do quadríceps), tem-se uma situação que pode promover aumento de estresse ao LCA (MALINZAK et al., 2001; MYER et al., 2004), dado a sua função como estabilizador primário deste movimento (MARKOLF et al., 1995). Tal fato, quando associado à insuficiência dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril (que resultaria em um maior valgo dinâmico do joelho), aumenta de modo significativo os riscos para a lesão do ligamento (FORD et al., 2003; POLLARD et al., 2010).

Deste modo, a identificação de desequilíbrios neuromusculares parece fundamental para implementar condutas que atendam às populações em situação de maior risco às lesões do LCA e, neste sentido, alguns estudos (HEWETT et al., 1996; MANDELBAUM et al., 2005; MYER et al., 2006) sugerem que as intervenções que visam otimizar as respostas neuromusculares (especialmente a função excêntrica dos isquiotibiais) e a mecânica de possíveis movimentos incorretos devem incorporar exercícios pliométricos e o uso de instruções específicas que enfoquem a técnica adequada de aterrissagem (HEWETT et al., 1996). O objetivo dessas condutas consistiria em possibilitar a execução dos movimentos sem aumentar excessivamente o estresse na articulação e, por conseqüência, sobre o LCA, representando uma alternativa profilática para este tipo de lesão (HEWETT et al., 1996; MYKLEBUST et al., 2003).

Os exercícios pliométricos consistem na utilização de uma ação muscular excêntrica seguida imediatamente de uma atividade concêntrica (ciclo alongamento-encurtamento muscular), para facilitar que o músculo produza força máxima tão rapidamente quanto possível (HOUGLUM, 2005), sendo considerados como uma ponte entre a força pura e a velocidade, ou entre os exercícios tradicionais de reabilitação e os exercícios específicos do esporte (CHMIELEWSKI et al., 2006). O exercício pliométrico pode gerar uma potencialização da contração muscular em decorrência de três fatores: a) parte de uma situação de leve alongamento muscular,

proporcionando uma melhor relação comprimento-tensão das fibras musculares e um maior número de pontes cruzadas estabelecidas entre actina e miosina, o que reflete em uma melhor condição geradora de torque; b) estimulação do fuso muscular devido ao alongamento súbito do músculo que realiza a ação excêntrica e, conseqüentemente, da resposta reflexa associada a esse estímulo e c) armazenamento de energia elástica (gerada na fase excêntrica do movimento), no tecido conjuntivo muscular, a qual pode ser convertida em energia cinética e utilizada na contração concêntrica subsequente (CHMIELEWSKI et al., 2006).

Exercícios pliométricos geralmente envolvem movimentos de parada, partida e mudança de direção de forma rápida e explosiva, que podem ajudar no desenvolvimento da agilidade (HOUGLUM, 2005). Além disso, o treinamento pliométrico tem revelado potencial em otimizar a força, a potência e o desempenho atlético (VESCOVI et al., 2008), bem como a propriocepção geral (HEWETT et al., 1996; MILLER et al., 2006), sendo por essas razões apontado como uma importante ferramenta para o fortalecimento muscular e para a melhora do desempenho funcional (CHIMERA et al., 2004; CHMIELEWSKI et al., 2006).

A avaliação da funcionalidade, no âmbito do esporte, pode ser quantificada por meio de diversos testes de desempenho funcional, comumente utilizados para a obtenção de uma medida rápida e objetiva da performance, por meio da reprodução (simulação) de atividades envolvidas na realização de tarefas esportivas ou da vida diária comum (LEPHART et al., 1993). Esses testes consistem em instrumentos de medida útil para o clínico, pois mensuram objetivamente a função e avaliam quantitativamente os progressos na reabilitação (BJÖRKLUND et al., 2009).

Os testes funcionais quantificam indiretamente a força muscular, mas também revelam, ao mesmo tempo, aspectos relacionados à mobilidade e à frouxidão articular, à flexibilidade muscular, ao controle neuromuscular, ao equilíbrio dinâmico, à agilidade, à dor e à confiança do atleta. Além disso, um importante ponto de vista é que os treinadores podem avaliar a qualidade do movimento (compensações e assimetrias), bem como a forma como o atleta realiza os testes, promovendo as adaptações necessárias frente às alterações observadas (BJÖRKLUND et al., 2009).

O treinamento pliométrico é considerado uma ferramenta que auxilia a aumentar a capacidade muscular (força e potência) para o trabalho (HOUGLUM, 2005) e a estabilidade articular, além de influenciar positivamente a aprendizagem

motora do alinhamento dinâmico adequado do membro inferior durante o salto e a aterrissagem, possibilitando que o sujeito execute o movimento sem aumentar excessivamente o estresse na articulação e, por conseqüência, sobre o LCA (HÄKKINEN, 1994; HEWETT et al., 1996; MANDELBAUM et al., 2005; MYER et al., 2006). Porém, há poucos estudos que tenham avaliado os reais efeitos desse treinamento na força muscular (HEWETT et al., 1996; LEPHART et al., 2005), no desempenho funcional (CHIMERA et al., 2004; MILLER et al., 2006) e no alinhamento dinâmico do membro inferior (HEWETT et al., 1996; MYER et al., 2006; POLLARD et al., 2006) em mulheres saudáveis. Um treinamento que propicie aumento da força muscular e do desempenho funcional e, concomitantemente, possibilite uma melhora do alinhamento dinâmico do membro inferior, auxiliando na prevenção de lesões, poderia ser melhor aceito tanto por treinadores quanto por atletas.

Considerando que a cinemática do quadril têm uma influência sobre as forças atuantes no joelho (POWERS, 2010), a diferença entre gêneros na função da musculatura do quadril poderia explicar parcialmente a maior ocorrência de lesão do LCA entre atletas do gênero feminino. Deste modo, parece importante avaliar a influência do treinamento pliométrico na cinemática do quadril durante tarefas dinâmicas. Tal investigação só foi previamente realizada por dois estudos (MYER et al., 2006; POLLARD et al., 2006), que em conjunto revelaram efeitos positivos dessa intervenção sobre os componentes proximais do valgo dinâmico do joelho, reduzindo a magnitude dessa medida após a realização do treinamento neuromuscular. Entretanto, a causa desses resultados ainda não é completamente compreendida.

Diante do exposto, pergunta-se: se o treinamento pliométrico é capaz de promover alterações positivas no alinhamento dinâmico do membro inferior e reduzir os riscos para as lesões do LCA, tal fato ocorreria em conseqüência a uma melhora na função dos músculos relacionados ao quadril, ao joelho ou a ambos os complexos articulares do membro inferior? Note-se que, embora a atuação efetiva dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril esteja associada à diminuição do valgo dinâmico do joelho, contribuindo para uma melhora do alinhamento articular (POWERS, 2010), e que tenha sido sugerido que a fraqueza desses músculos esteja diretamente envolvida em um maior risco para a lesão do LCA (POWERS, 2010), nenhum estudo investigou os efeitos específicos do

treinamento pliométrico sobre a ação excêntrica dessa musculatura, suas repercussões sobre o alinhamento dinâmico do quadril e do joelho, bem como sobre o desempenho funcional, em mulheres saudáveis.

Efeitos dos contraceptivos orais na cinemática do membro inferior

Na tentativa de explicar a incidência desproporcional de lesões do LCA em mulheres, o papel dos hormônios sexuais femininos consiste em outra área ativa de pesquisa (MARTINEAU et al., 2004). O interesse em se estudar os fatores hormonais como possíveis predisponentes para a lesão desse ligamento surgiu a partir da identificação de receptores de estrógeno e progesterona no LCA de humanos (LIU et al., 1996) e, assim, passou a ser hipotetizado que esses hormônios poderiam modular o metabolismo e as propriedades mecânicas do LCA (SLAUTERBECK et al., 2002; SHULTZ et al., 2004; FARYNIARZ et al., 2006).

O estrógeno estimula o aumento da sensibilidade do tecido à relaxina, o que leva à frouxidão no tecido-alvo, diminuindo a densidade e a organização do colágeno (LIU et al., 1996). Acredita-se que tais alterações podem modificar a tolerância tecidual e predispor o ligamento à falha em baixas cargas tenses e/ou alterar as ações reflexas de proteção articular associadas com a estimulação dos receptores ligamentares (RAUNEST et al. 1996). Deste modo, considerando o papel do LCA como restritor primário do movimento de translação anterior da tíbia sob o fêmur e como restritor secundário do movimento em valgo do joelho (MARKOLF et al., 1995), bem como a possibilidade de influência hormonal inibitória sobre a sua resistência mecânica (LIU et al., 1996), hipotetiza-se que também a sua função de estabilização articular (auxiliando no controle da excursão desses movimentos) possa estar comprometida, predispondo à população feminina a um maior risco de lesões do LCA (DEDRICK et al., 2008).

Diante desse contexto, o uso de contraceptivos orais (CO) tem sido sugerido como uma forma de reduzir as taxas de lesão do LCA, em decorrência da estabilização da flutuação hormonal durante o ciclo menstrual (MARTINEAU et al., 2004). Os medicamentos de uso contraceptivo oral, que contêm em sua fórmula esteróides sintéticos com efeitos estrogênicos e progesterônicos, inibem a glândula pituitária na produção de hormônio folículo estimulante (FSH) e hormônio

luteinizante (LH), reduzindo as concentrações endógenas de estrógeno disponíveis. Desta forma, sugere-se que os mesmos apresentem potencial para modular a estrutura e a frouxidão ligamentar, consistindo em uma possível alternativa profilática às lesões do LCA (MOLLER-NIELSEN & HAMMAR, 1991; MARTINEAU et al., 2004).

Embora uma porcentagem significativa de mulheres fisicamente ativas faça uso do CO, o conhecimento dos seus efeitos nas propriedades biomecânicas do ligamento e, conseqüentemente, sobre o risco de lesão do LCA, ainda é muito restrito (SHULTZ, 2007, RUEDL et al., 2009). Partindo do pressuposto de que a variação na concentração dos hormônios sexuais endógenos possa exercer influência sobre o metabolismo e as propriedades mecânicas do colágeno (LIU et al., 1996) e que os CO parecem alterar essa concentração (MARTINEAU et al., 2004), a relação entre o uso de contraceptivos e o risco de lesão do LCA em mulheres se constitui numa área promissora de estudos, o que tem despertado o interesse da comunidade científica (MARTINEAU et al., 2004).

Até o momento, poucos estudos investigaram os efeitos do uso de CO sobre a frouxidão do joelho, analisada por meio da artrometria, com resultados contraditórios quanto à presença (MARTINEAU et al., 2004) ou ausência (POKORNY et al., 2000) de efeitos dos CO nessa característica articular. Além disso, recentes estudos epidemiológicos verificaram que o uso de CO aparentemente não reduz as taxas de lesão do LCA entre mulheres atletas (AGEL et al., 2006; RUEDL et al., 2009), o que tem aumentado a polêmica sobre este tema.

Contudo, apesar de estudos anteriores (POKORNY et al., 2000; MARTINEAU et al., 2004) fornecerem informações relevantes a respeito da influência dos CO na frouxidão do joelho e no risco de lesão do LCA em mulheres, a avaliação por meio da artrometria é considerada de natureza estática e, assim, não reproduz a condição dinâmica envolvida na lesão desse ligamento (CHAUDHARI et al., 2007; CÉSAR et al., 2011). Assim, supõe-se que uma avaliação do alinhamento dinâmico do quadril e do joelho durante a realização de atividades funcionais em usuárias e não usuárias de CO possibilitaria uma melhor compreensão da relação entre o uso dessa medicação e o risco de lesão do LCA.

TEMA DE INTERESSE DO ESTUDO

Diante do exposto, a presente Tese teve, como objetivos gerais, verificar o efeito de uma intervenção neuromuscular fundamentada no treinamento pliométrico em características cinemáticas e funcionais do membro inferior de mulheres saudáveis, bem como verificar o efeito da utilização de contraceptivos orais sobre a cinemática do membro inferior durante a realização de atividades funcionais.

REFERÊNCIAS

AGEL, J.; BERSHADSKY, B.; ARENDT, E.A. Hormonal Therapy: ACL and ankle injury. **Med Sci Sports Exerc.** 38(1): 7-12, 2006.

ANDERSON, A.F.; DOME, D.C.; GAUTAM, S.; AWH, M.H.; RENNIRT, G.W. Correlation of anthropometric measurements, strength, anterior cruciate ligament size, and intercondylar notch characteristics to sex differences in anterior cruciate ligament tear rates. **Am J Sports Med.** 29(1): 58-66, 2001.

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

BALDON, R.M.; LOBATO, D.F.M.; CARVALHO, L.P.; WUN, P.Y.L.; SANTIAGO, P.R.P.; SERRÃO, F.V. Effect of functional stabilization training on lower limb biomechanics in women. **Med Sci Sports Exerc.** 44(1): 135-145, 2012.

BJÖRKLUND, K.; ANDERSSON, L.; DALÉN, N. Validity and responsiveness of the test of athletes with knee injuries: the new criterion based functional performance test instrument. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.** 17: 435-445, 2009.

BODEN, B.P.; DEAN, G.S.; FEAGIN, J.A. Jr.; GARRETT, W.E. Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. **Orthopedics** 23(6): 573-578, 2000.

CESAR, G.M.; PEREIRA, V.S.; SANTIAGO, P.R.P.; BENZE, B.G.; LOBO DA COSTA, P.H.; AMORIM, C.F. et al. Variations in dynamic knee valgus and gluteus medius onset timing in non-athletic females related to hormonal changes during the menstrual cycle. **The Knee** 18(4): 224-230, 2011.

CHAPPELL, J.D.; YU, B.; KIRKENDALL, D.T.; GARRETT, W.E. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. **Am J Sports Med.** 30(2): 261-267, 2002.

CHAUDHARI, A.M.W.; LINDENFELD, T.N.; ANDRIACCHI, T.P.; HEWETT, T.E.; RICCOBENE, J.; MYER, G.D. et al. Knee and hip loadings patterns at different phases in the menstrual cycle – Implications for the gender difference in anterior cruciate ligament injury rates. **Am J Sports Med.** 35(5): 793-800, 2007.

CHIMERA, N.J.; SWANIK, K.A.; SWANIK, C.B.; STRAUB, S.J. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. **J Athl Train.** 39(1): 24-31, 2004.

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.** 36(5): 308-319, 2006.

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

DEDRICK, G.S.; SIZER, P.S.; MERKLE, J.N.; HOUNSHELL, T.R.; ROBERT-McCOMB, J.J.; SAWYER, S.F. et al. Effect of sex hormones on neuromuscular control patterns during landing. **J Electromyogr Kinesiol.** 18(1): 68-78, 2008.

DIERKS, T.A.; MANAL, K.T.; HAMILL, J.; DAVIS, I.S. Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. **J Orthop Sports Phys Ther.** 38(8): 448-456, 2008.

FARYNIARZ, D.A.; BHARGAVA, M.; LAJAM, C.; ATTIA, E.T.; HANNAFIN, J.A. Quantitation of estrogen receptors and relaxin binding in human anterior cruciate fibroblasts. **In Vitro Cell Dev Biol Anim.** 42(7): 176-181, 2006.

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.** 35: 1745-1750, 2003.

HÄKKINEN, K. Neuromuscular fatigue in males and females during strenuous heavy resistance loading. **Electromyogr Clin Neurophysiol.** 34(4): 205-214, 1994.

HERTEL, J.; WILLIAMS, N.I.; OLMSTED-KRAMER, L.C.; LEIDY, H.J.; PUTUKIAN, M. Neuromuscular performance and knee laxity do not change across the menstrual cycle in female athletes. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.** 14(9): 817-822, 2006.

HEWETT, T.E.; STROUPE, A.L.; NANCE, T.A.; NOYES, F.R. Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. **Am J Sports Med.** 24(6): 765-772, 1996.

HEWETT, T.E.; MYER, G.D.; FORD, K.R.; HEIDT Jr., R.S.; COLOSIMO, A.J., McLEAN, S.G. et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes – A prospective study. **Am J Sports Med.** 33(4): 492-501, 2005.

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.** 24(3): 416-421, 2006.

HEWETT, T.E.; ZAZULAK, B.T.; MYER, G.D. Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. **Am J Sports Med.** 35: 659-668, 2007.

HOUGLUM, P.A. **Therapeutic Exercise for Musculoskeletal Injuries.** 2nd ed. Human Kinetics, 2005.

HUSTON, L.J.; WOJTYS, E.M. Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. **Am J Sports Med.** 24(6): 427-436, 1996.

IRELAND, M.L.; OTT, S.M. Special concerns of the female athlete. **Clin Sports Med.** 23(2): 526-536, 2004.

JACOBS, C.A.; MATTACOLA, C.G. Sex differences in eccentric hip-abductor strength and knee-joint kinematics when landing from a jump. **J Sport Rehabil.** 14(4): 346-355, 2005.

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.** 42(1): 76–83, 2007.

KIPP, K.; McLEAN, S.G.; PALMIERI-SMITH, R.M. Patterns of hip flexion motion predict frontal and transverse plane knee torques during a single-leg land-and-cut maneuver. **Clin Biomech.** 26: 504–508, 2011.

LEPHART, S.M.; KOCHER, M.S.; HARNER, C.D.; FU, F.H. Quadriceps strength and functional capacity after anterior cruciate ligament reconstruction – Patellar tendon autograft versus allograft. **Am J Sports Med.** 21(5): 738-743, 1993.

LEPHART, S.M.; ABT, J.P.; FERRIS, C.M.; SELL, T.C.; NAGAI, T.; MYERS, J.B. et al. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. **Br J Sports Med.** 39: 932–938, 2005.

LIU, S.H.; AL-SHAIKH, R.A.; PANOSSIAN, V. et al. Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cell in the human anterior cruciate ligament. **J Orthop Res.** 14: 526-533. 1996.

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.** 16: 438–445, 2001.

MANDELBAUM, B.R.; SILVERS, H.J.; WATANABE, D.S.; KNARR, J.F.; THOMAS, S.D.; GRIFFIN, L.Y. et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes – 2-year follow-up. **Am J Sports Med.** 33(7): 1003-1010, 2005.

MARKOLF, K.L.; BURCHFIELD, D.M.; SHAPIRO, M.M.; SHEPARD, M.F.; FINERMAN, G.A.; SLAUTERBECK, J.L. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. **J Orthop Res.** 13: 930-935, 1995.

MARTINEAU, P.A.; AL-JASSIR, F.; LENZNER, E.; BURMAN, M.L. Effect of the oral contraceptive pill on ligamentous laxity. **Clin J Sports Med.** 14(5): 281-286, 2004.

McLEAN, S.G.; LIPFERT, S.; VAN DEN BOGERT, A.J. Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. **Med Sci Sports Exerc.** 36: 1008-1016, 2004.

MILLER, M.G.; HERNIMAN, J.J.; RICARD, M.D.; CHEATHAM, C.C.; MICHAEL, T.J. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. **J Sports Sci Med.** 5: 459-465, 2006.

MOLLER-NIELSEN, J.; HAMMAR, M. Sports injuries and oral contraceptive use: is there a relationship? **Sports Med.** 12: 152-160, 1991.

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.** 39(4): 352-364, 2004.

MYER, G.D.; FORD, K.R.; McLEAN, S.G.; HEWETT, T.E. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. **Am J Sports Med.** 34(3): 445-455, 2006.

MYER, G.D.; BRENT, J.L.; FORD, K.R.; HEWETT, T.E. A pilot study to determine the effect of trunk and hip focused neuromuscular training on hip and knee isokinetic strength. **Br J Sports Med.** 42(7): 614-619, 2008.

MYKLEBUST, G.; ENGBRETSSEN, L.; BRAEKKEN, I.H.; SKJOLBERG, A.; OLSEN, O.E.; BAHR, R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. **Clin J Sport Med.** 13(2): 71-78, 2003.

PARK, S.; STEFANYSHYN, D.J.; LOITZ-RAMAGE, B. et al. Changing hormone levels during the menstrual cycle affect knee laxity and stiffness in healthy female subjects. **Am J Sports Med.** 37: 588-598, 2009.

POKORNY, M.J.; SMITH, T.D.; CALUS, S.A. et al. Self-reported oral contraceptive use and peripheral joint laxity. **J Orthop Sports Phys Ther.** 30: 683-692, 2000.

POLLARD, C.D.; DAVIS, I.M.; HAMILL, J. Influence of gender on hip and knee mechanics during a randomly cued cutting maneuver. **Clin Biomech.** (Briston, Avon) 19(10): 1022-1031, 2004.

POLLARD, C.D.; SIGWARD, S.M.; OTA, S.; LANGFORD, K., POWERS, C.M. The influence of in-season injury prevention training on lower-extremity kinematics during landing in female soccer players. **Clin J Sports Med.** 16(3): 223-227, 2006.

POLLARD, C.D.; SIGWARD, S.M.; POWERS, C.M. Limited hip and knee flexion during landing is associated with increased frontal plane knee motion and moments **Clin Biomech.** (Bristol, Avon) 25(2): 142-146, 2010.

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

RAUNEST, J.; SAGER, M.; BURGNER, E. Proprioceptive mechanisms in the cruciate ligaments: an electromyographic study on reflex activity in the thigh muscles. **J Trauma.** 41: 488-493, 1996.

RUEDL, G.; PLONER, P.; LINORTNER, I.; SCHRANZ, A.; FINK, C.; SOMMERSACHER, R. et al. Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.** 17(9): 1065-1069, 2009.

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

SENEVIRATNE, A.; ATTIA, E.; WILLIAMS, R.J.; RODEO, S.A.; HANNAFIN, J.A. The effect of estrogen on ovine anterior cruciate ligament fibroblasts. **Am J Sports Med.** 32: 1613-1618, 2004.

SHULTZ, S.J.; KIRK, S.E.; JOHNSON, M.L.; SANDER, T.C.; PERRIN, D.H. Relationship between sex hormones and anterior knee laxity across the menstrual cycle. **Med Sci Sports Exerc.** 36(7): 1165–1174, 2004.

SHULTZ, S.J. Hormonal influences in ligament biology. In: **Understanding and preventing noncontact ACL injuries.** AOSSM (org.); Human Kinetics, 2007.

SLAUTERBECK, J.R.; FUZIE, S.F.; SMITH, M.P.; CLARK, R.J.; XU, K., STARCH, D.W. et al. The menstrual cycle, sex hormones and anterior cruciate ligament injury. **J Athl Train.** 37(3): 275-280, 2002.

VESCOVI, J.D.; CANAVAN, P.K.; HASSON, S. Effects of a plyometric program on vertical landing force and jumping performance in college women. **Phys Ther Sport.** 9: 185–192, 2008.

YEN, Y.M.; HAME, S.L. Preventing ACL injuries in women: strengthening and conditioning programs can reduce female vulnerability. **Women's Health** 7: 146-155, 2004.

ZAZULAK, B.T.; PONCE, P.T.; 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.** 35(5): 292-299, 2005.

ZAZULAK, B.T.; HEWETT, T.E.; REEVES, N.P.; GOLDBERG, B.; CHOLEWICKI, J. The effects of core proprioception on knee injury: a prospective biomechanical-epidemiological study. **Am J Sports Med.** 35(3): 368-373, 2007.

HISTÓRICO DA COMPOSIÇÃO DA TESE

A presente Tese de Doutorado é composta por três artigos originais. Dois desses manuscritos (Estudos I e II) foram submetidos a periódicos internacionais e encontram-se em processo de análise. Apesar da coleta de dados referentes a esses manuscritos ter sido realizada simultaneamente, os mesmos serão apresentados em ordem cronológica a sua elaboração para compor esta Tese.

Embora existam estudos que tenham investigado o efeito do uso de contraceptivos orais sobre aspectos biomecânicos do joelho, destaca-se que a maioria desses trabalhos envolveu métodos de avaliação de natureza estática, portanto limitadas quanto à reprodução do ambiente envolvido nas lesões do LCA. Portanto, a realização de estudos de natureza dinâmica parece necessária para melhor compreender os efeitos dessa terapêutica sobre esses aspectos biomecânicos, sob a ótica da avaliação cinemática.

Deste modo, o Estudo I (ANEXO I) - apresentado no Exame de Qualificação de Doutorado e posteriormente submetido ao periódico "*Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*" (JCR=2,794, WebQualis A1) – ANEXO II - dedicou-se à investigação do efeito do uso de contraceptivos orais na cinemática do quadril e do joelho durante a realização do agachamento unipodal em mulheres. A partir dos resultados obtidos com esse estudo, iniciou-se a produção de conhecimento de um tema até então pouco explorado pela comunidade científica e, considerando a metodologia e as variáveis analisadas, de característica inédita.

Posteriormente, o Estudo II, submetido ao periódico "*Knee Surgery, Sports Traumatologic, Arthroscopy*" (JCR=1,857 - equivalência ao estrato Webqualis A1) – ANEXO III, buscou ampliar o nível de conhecimento sobre o efeito dos contraceptivos orais na cinemática do membro inferior, utilizando uma outra atividade funcional: a descida anterior de degraus. Assim, com esse trabalho foram obtidos resultados complementares aos achados do Estudo I, permitindo melhor compreensão a respeito da influência da terapêutica contraceptiva oral como um possível atenuador dos movimentos que representam um maior risco à lesão do LCA.

Além dos fatores hormonais, também os fatores neuromusculares têm sido extensivamente considerados para explicar a maior incidência relativa de lesões do

LCA em mulheres, quando comparadas aos seus congêneres masculinos. Neste sentido, vários pesquisadores têm buscado estudar estratégias preventivas à lesão do LCA em mulheres, considerando intervenções de natureza neuromuscular.

Assim, o Estudo III – a ser submetido ao periódico *“Medicine & Science in Sports & Exercise”* (JCR= 4,106, Webqualis A1) – destaca os efeitos de uma intervenção pliométrica de 8 semanas na cinemática do quadril e do joelho, no torque excêntrico dos músculos associados a esses complexos articulares, bem como no desempenho funcional de mulheres saudáveis. Os achados desse estudo permitiram uma melhor compreensão dos efeitos de um treinamento neuromuscular fundamentado nos conceitos de pliometria sobre diferentes aspectos da biomecânica do membro inferior, contribuindo com o avanço no corpo de conhecimento da área de treinamento esportivo e de prevenção de lesões para a população atleta.

ESTUDO 1

Manuscrito utilizado para Exame de Qualificação de Doutorado (ANEXO I), submetido após correções ao periódico "*Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*" (JCR=2,794, WebQualis A1) – (ANEXO II)

Efeito do uso de contraceptivos orais na cinemática do membro inferior durante o agachamento unipodal

Contraceptivos orais e a cinemática do membro inferior

Lobato, D.F.M.¹; Baldon, R.M.¹; Santos, A.F.¹; Francisco, A. L.¹; Santiago, P.R.P.²; Serrão, F. V.¹

¹Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Fisioterapia

²Universidade de São Paulo – Escola de Educação Física e Esporte

Autor para correspondência:

Fábio Viadanna Serrão

Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luis, km 235 CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brasil

Telefone: +55 16 3351 8754 Fax: +55 16 3361 2081

E-mail: fserrao@ufscar.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do uso de contraceptivos orais (CO) na cinemática do joelho e do quadril durante o agachamento unipodal em mulheres saudáveis. Quarenta e duas voluntárias (18-26 anos) foram divididas por conveniência em dois grupos: 1 – Grupo de mulheres que utilizavam CO por pelo menos 3 meses prévios à avaliação ($n= 21$) e 2 – Grupo de mulheres que não utilizavam CO ($n= 21$). As excursões (máximas e no ângulo de 75° de flexão do joelho) em abdução/adução do joelho, em abdução/adução do quadril e em rotação medial/lateral do quadril (em graus) foram verificadas durante a realização do agachamento unipodal com o membro inferior dominante, registrado por meio de quatro câmeras digitais a uma frequência de 60 Hz. Não houve diferença significativa entre os grupos quanto à máxima excursão em abdução do joelho ($p= 0,26$) e em adução ($p= 0,10$) e rotação medial ($p= 0,94$) do quadril. Quando considerado o ângulo de 75° de flexão do joelho, nenhuma diferença significativa foi verificada entre os grupos para os valores de excursão em abdução do joelho ($p= 0,31$) e em adução ($p= 0,11$) e rotação medial ($p= 0,85$) do quadril. Estes achados sugerem que o uso de CO não influencia a cinemática do joelho e do quadril durante a realização do agachamento unipodal.

Palavras-chave: Ligamento cruzado anterior, contraceptivo oral, joelho, quadril, cinemática

INTRODUÇÃO

A probabilidade de ocorrência de lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) em mulheres é de duas a oito vezes maior do que em homens praticantes de um mesmo esporte (ARENDE & DICK, 1995). Fatores anatômicos, biomecânicos/neuromusculares e hormonais têm sido relacionados a essa maior incidência de lesão em mulheres (HEWETT et al., 2000; RENSTROM et al., 2008) e, mais recentemente, o papel dos hormônios sexuais femininos tem despertado o interesse da comunidade científica (MARTINEAU et al., 2004). Esse interesse surgiu a partir do momento em que foi identificada a presença de receptores de estrógeno e progesterona no LCA humano (LIU et al., 1996).

Deste modo, hipotetiza-se que a flutuação nos níveis de estrógeno durante o ciclo menstrual possa afetar o metabolismo de colágeno no LCA, contribuindo para o aumento da incidência de sua lesão em mulheres (ARENDE et al., 2002; ADACHI et al., 2008). Neste sentido, um estudo recente (PARK et al., 2009) verificou que mulheres apresentam maior frouxidão no joelho e menor capacidade de estabilização dessa articulação durante a fase ovulatória do ciclo menstrual (na qual os níveis de estrógeno são mais elevados), concluindo que as mulheres estariam mais predispostas a lesões no joelho durante essa fase do ciclo.

O valgo dinâmico do joelho, que ocorre durante a aterrissagem de um salto e/ou durante atividades que envolvem desaceleração e mudança de direção, é considerado o principal mecanismo de lesão do LCA (BODEN et al., 2000; RUSSELL et al., 2006). O valgo dinâmico é definido como o movimento ou posicionamento da região distal da tíbia para longe da linha sagital mediana do corpo, enquanto a região distal do fêmur aproxima-se dessa mesma linha (HEWETT et al., 2005). Assim, o valgo dinâmico é composto de adução e rotação medial do fêmur e de abdução e rotação lateral da tíbia (ZAZULAK et al., 2005). Portanto, ao considerar-se o papel do LCA como estabilizador secundário do movimento em valgo do joelho (MARKOLF et al., 1995), bem como a possibilidade de uma influência hormonal inibitória em sua resistência mecânica (LIU et al., 1996), tem sido hipotetizado que a sua função em estabilizar estaticamente o joelho possa ser comprometida em função de fatores hormonais, o que levaria esta articulação a maiores excursões em valgo e, conseqüentemente, predisporia a um maior risco de lesões do LCA (CAMMARATA & DHAHER, 2008; CÉSAR et al., 2011).

Utilizando-se de uma abordagem pato-mecânica que leve em consideração a relação de interdependência entre segmentos articulares adjacentes (explicada pela teoria da cadeia cinética fechada), assume-se que o aumento na posição em valgo do joelho devido ao aumento de flexibilidade do LCA possa resultar em (ou ser consequência de) maior excursão em adução e rotação medial do quadril, uma vez que esses movimentos são componentes proximais do valgo dinâmico do joelho (FERBER et al., 2003. ZAZULAK et al., 2005). Desta forma, considera-se fundamental integrar o estudo dos movimentos do quadril à análise da cinemática do joelho em situações funcionais, com perspectiva de melhor compreender os fatores de risco às lesões do LCA.

O uso de contraceptivos orais (CO) tem sido sugerido como uma forma de reduzir as taxas de lesão do LCA, considerando o seu papel em estabilizar a flutuação hormonal durante o ciclo menstrual (MARTINEAU et al., 2004). Contudo, pouco se sabe acerca de seus reais efeitos sobre as propriedades biomecânicas do ligamento e, conseqüentemente, sobre o risco de lesão do LCA. Até o momento, poucos estudos investigaram os efeitos do uso de CO sobre a frouxidão do joelho, analisada por meio da artrometria, com resultados contraditórios quanto à presença (MARTINEAU et al., 2004) ou ausência (POKORNY et al., 2000) de efeitos dos CO nessa característica articular. Além disso, recentes estudos epidemiológicos verificaram que o uso de CO aparentemente não reduz as taxas de lesão do LCA entre mulheres atletas (AGEL et al., 2006; RUEDL et al., 2009), o que tem aumentado a polêmica sobre este tema.

Embora os estudos anteriores (POKORNY et al., 2000; MARTINEAU et al., 2004) forneçam informações relevantes a respeito da influência dos CO na frouxidão do joelho e no risco de lesão do LCA em mulheres, a avaliação por meio da artrometria é considerada de natureza estática e, assim, não reproduz a condição dinâmica envolvida na lesão desse ligamento (CHAUDHARI et al., 2007; CÉSAR et al., 2011). Assim, supõe-se que a avaliação do alinhamento dinâmico do quadril e do joelho durante a realização de atividades funcionais em usuárias e não usuárias de CO possibilitaria uma melhor compreensão da relação entre o uso dessa medicação e o risco de lesão do LCA.

Deste modo, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito do uso de CO na cinemática do quadril e do joelho em mulheres sadias durante uma atividade dinâmica e funcional – o agachamento unipodal. Hipotetiza-se que o uso dos CO

possa ter uma influência positiva sobre os movimentos do joelho e do quadril, com uma redução no movimento em valgo do joelho (adução e rotação medial de quadril e abdução do joelho) durante a realização dessa atividade funcional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram deste estudo transversal quarenta e duas atletas recreacionais de uma comunidade universitária, com idade entre 18 e 26 anos ($20,74 \pm 1,53$ anos). Uma atleta recreacional foi definida como qualquer atleta que participasse de atividades aeróbias e/ou atléticas por pelo menos 3 vezes/semana, com periodicidade mínima de 30 minutos/treino-atividade (HEINERT et al., 2008). As voluntárias deveriam apresentar eumenorréia há no mínimo um ano, com intervalo regular do ciclo menstrual de 26-32 dias (IRELAND & OTT, 2004) e, para as usuárias de contraceptivos orais, foi considerado o uso dessa medicação por no mínimo 3 meses ($29,86 \pm 22,39$ meses, variando de 4-84 meses) prévios à avaliação (MARTINEAU et al., 2004; CAMMARATA & DHAHER, 2008). Foram considerados como critérios de exclusão: a) existência de lesões atuais e/ou cirurgias prévias no membro inferior (PARK et al., 2009), b) condições cardiovasculares, pulmonares, neurológicas e/ou sistêmicas que limitassem a atividade física (CHAPPELL et al., 2002), c) utilização de contraceptivos orais (para o grupo controle) nos últimos 6 meses (DEDRICK et al., 2008), ou de qualquer terapia farmacológica (MARTINEAU et al., 2004) e/ou hormonal que influenciasse no ciclo fisiológico dos hormônios sexuais e d) estágio de gestação em andamento (DEDRICK et al., 2008) – APÊNDICE I - Ficha de avaliação.

Diante desses critérios, as voluntárias foram divididas por conveniência em dois grupos: 1) Grupo de mulheres que utilizavam CO (GCO, $n= 21$; $20,86 \pm 1,42$ anos; $57,48 \pm 6,13$ kg, $1,63 \pm 0,06$ m) e 2 – Grupo de mulheres que não utilizavam CO – grupo controle (GC, $n= 21$; $20,62 \pm 1,66$ anos, $59,76 \pm 10,97$ kg, $1,62 \pm 0,07$ m). Das voluntárias deste último grupo, a maioria ($n=19$) relatou nunca ter utilizado CO e apenas duas relataram uso prévio dessa medicação (interrompendo o seu uso há mais de um ano, prévio à avaliação). Todas as voluntárias leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes das avaliações (APÊNDICE II),

sendo que todos os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética Institucional local (parecer nº 450/2009) – ANEXO IV.

Procedimentos

A avaliação cinemática do membro inferior dominante (determinado perguntando às voluntárias qual o membro utilizado para chutar uma bola na máxima distância possível) durante o agachamento unipodal foi realizada durante o estágio pré-ovulatório do ciclo menstrual (11^o-13^o dias de um ciclo de 28 dias, entre os quais os níveis de estrógeno são mais elevados), uma vez que este período é considerado por alguns autores como apresentando maior associação com a ocorrência de lesões do LCA (PARK et al., 2009; RUEDL et al., 2009). Para as voluntárias que apresentassem um ciclo de duração diferente, os dias de avaliação foram normalizados ao ciclo fisiológico, com os dias de coleta correspondentes a um ciclo de 28 dias, conforme recomendações de SPEROFF & FRITZ (2005).

Os movimentos foram registrados por meio de quatro câmeras digitais (Panasonic NV-GS180, Matsushita Group, Japão), ajustadas a uma frequência de aquisição de 60 Hz e posicionadas de forma ideal para que pudessem registrar todos os marcadores. As câmeras estavam localizadas em frente (câmeras 1 e 2) e póstero-lateralmente (câmeras 3 e 4) aos sujeitos (Figura 1). As câmeras frontais apresentavam uma angulação de 60° entre elas, enquanto as câmeras 3 e 4 estavam anguladas a 60° em relação aos sujeitos (120° de angulação uma em relação a outra).



Figura 1 – Imagens obtidas por cada uma das câmeras digitais (C1-C4).

Para o procedimento de calibração, foi utilizado um objeto com dimensões conhecidas (1 m x 1,8 m x 0,8 m), filmado na área onde as voluntárias iriam realizar a tarefa. Este objeto apresentava 24 pontos de controle com posições absolutas conhecidas em relação ao sistema de coordenadas cartesiano (Figura 2). O sistema de referência global foi então definido com este objeto devidamente calibrado, no qual o eixo Y estava orientado superiormente, o eixo X orientado anteriormente e o eixo Z orientado para a direita das participantes (WU & CAVANAGH, 1995). O erro experimental do estudo foi verificado por meio de um teste de acurácia específico (EHARA et al., 1997), que evidenciou uma acurácia do sistema de 2,8 mm.



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

Em cada avaliação, nove marcadores refletivos passivos (10 mm de diâmetro) foram posicionados pelo mesmo pesquisador nas seguintes superfícies anatômicas: (1 e 2) espinhas ilíacas ântero-superiores, (3) primeira vértebra sacral, (4) proeminência do trocânter maior do fêmur, (5 e 6) epicôndilos medial e lateral do fêmur, (7) cabeça da fíbula e (8 e 9) sobre os maléolos medial e lateral. Esta distribuição de marcadores foi necessária para determinar o alinhamento do quadril

e do joelho durante o agachamento unipodal. O sistema de coordenadas dos marcadores foi identificado por meio do uso do *software* Dvideow (Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits) (FIGUEROA et al., 2003), que utiliza o método de transformação linear direta – DLT (*direct linear transformation*) para a representação tri-dimensional do movimento (ABDEL-AZIZ & KAHARA, 1971).

A avaliação cinemática do quadril e do joelho de cada voluntária foi analisada durante a realização do agachamento unipodal. As voluntárias foram instruídas a permanecer com o membro contralateral (não-dominante) sem apoio no solo, mantendo flexão do joelho de 90° (0= extensão completa) com o quadril próximo à posição neutra para a flexão-extensão, e com os membros superiores cruzados em frente ao tórax. Neste momento, foi realizado o registro digital da posição estática em apoio simples, a ser utilizado para determinar a posição de alinhamento anatômico do membro inferior. Esta medida estática foi utilizada como o alinhamento neutro de cada sujeito, com as medidas subseqüentes referindo-se a este posicionamento. (Figura 3)



Figura 3 – Voluntária na posição anatômica (estática em apoio simples) para a realização do agachamento unipodal, vistos pelas câmeras 1 (A), 2 (B), 3 (C) e 4 (D)

As voluntárias foram orientadas a realizar o agachamento unipodal até atingir a posição aproximada de 75° de flexão do joelho, e então retornar à posição inicial (Figura 4). Um suporte de altura ajustável foi posicionado ao lado das voluntárias, sinalizando a distância (entre o solo e o marcador posicionado no trocânter maior do

fêmur) necessária para atingir o ângulo de flexão do joelho pré-estabelecido (WILLSON et al., 2006). O tempo de execução do agachamento unipodal foi padronizado em $2 \pm 0,3$ segundos, controlados por cronômetro digital. Cada sujeito completou 3 tentativas de familiarização com os procedimentos do teste e 5 tentativas aceitáveis para a análise dos dados. Se qualquer um dos requisitos para a avaliação não fosse satisfeito, a tentativa era invalidada e uma nova tentativa era então realizada. As médias dos valores cinemáticos obtidos nas 5 tentativas validadas foram utilizados para a análise estatística.



Figura 4 – Seqüência de imagens obtidas durante o agachamento unipodal (câmera 1)

Após o registro tridimensional das coordenadas de cada marcador, os dados foram processados por meio do *software* Matlab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA). Inicialmente foi aplicado um filtro Butterworth passa-baixa de 4ª ordem, com atraso de fase zero e frequência de corte de 5 Hz (WINTER, 2005). O sistema de coordenada local da coxa e da perna foi então definido e algoritmos foram criados para quantificar os ângulos articulares de interesse. Os ângulos do quadril e do joelho foram calculados utilizando a convenção matemática dos ângulos de Euler, considerando o sistema de coordenadas do segmento distal em relação ao sistema de coordenadas do segmento proximal (GROOD & SUNTAY, 1983).

As variáveis cinemáticas analisadas foram a excursão máxima em abdução/adução do quadril, em rotação lateral/medial do quadril e em abdução/adução do joelho, bem como a excursão em abdução/adução do quadril,

em rotação lateral/medial do quadril e em abdução/adução do joelho, quando considerado o ângulo específico de 75^a de flexão do joelho. Estas variáveis foram calculadas por meio da subtração dos ângulos do quadril e do joelho atingidos nessas condições daqueles registrados na posição anatômica em apoio simples. Por convenção, valores positivos representam as excursões em adução e rotação medial do quadril e em adução do joelho, enquanto valores negativos representam excursões em abdução e rotação lateral do quadril e em abdução do joelho.

O ângulo de flexão do joelho (75^o) foi escolhido tendo em vista que, em observações prévias realizadas a partir de estudos-piloto, foi identificada uma forte tendência de aumento dos movimentos em adução do quadril e em abdução do joelho com o aumento do ângulo de flexão do joelho durante o agachamento unipodal em mulheres. Assim, os autores buscaram uma forma de padronização da análise dos dados, avaliando os movimentos do quadril e do joelho de todas as voluntárias mediante uma mesma situação funcional, o que pode fornecer elementos adicionais à análise realizada apenas com base nos dados absolutos (excursões máximas).

Análise estatística

As análises foram conduzidas por meio do *software* Statistica (version 7.0, StatSoft Inc, Tulsa, OK, USA). Após a confirmação da normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov–Smirnov, testes t-Student para amostras independentes foram conduzidos para verificar as possíveis diferenças existentes entre os grupos, considerando um nível de significância de 5%. Adicionalmente, os índices de significância clínica de Cohen (Cohen's *d*) foram calculados para representar o efeito relativo (*effect size*) de cada variável de interesse.

RESULTADOS

As características descritivas dos grupos estão apresentadas na Tabela 1, na qual verifica-se similaridade entre os grupos em relação aos dados demográficos, antropométricos e medidas cinemáticas do quadril e do joelho na posição anatômica (p valores variando entre 0,09-0,92). Desta forma, consideram-se as amostras passíveis de comparação.

Tabela 1. Dados antropométricos, demográficos e medidas cinemáticas relacionadas ao quadril e joelho na posição anatômica (média e DP) ($n=21$).

Variável	GCO	GC	p-valor	Cohen <i>d</i>
Idade (anos)	20,86±1,42	20,62±1,66	0,62	0,16
Altura (m)	1,63±0,06	1,62±0,07	0,65	0,14
Massa (kg)	57,48±6,13	59,76±10,97	0,41	0,26
Abdução (-) / adução (+) do joelho na posição anatômica (°)	-2,54±3,90	-4,28±2,41	0,09	0,55
Abdução (-) / adução (+) do quadril na posição anatômica (°)	7,39±3,54	7,28±3,73	0,92	0,03
Rotação lateral (-) / medial (+) do quadril na posição anatômica (°)	-0,09±5,81	0,11±6,42	0,91	0,03

GCO – Grupo contraceptivo oral; GC – Grupo controle

Tabela 2. Medidas cinemáticas relacionadas ao quadril e joelho durante o agachamento unipodal (média e DP) ($n=21$).

Variável	GCO	GC	p-valor	Cohen <i>d</i>
Excursão máxima em abdução (-) / adução (+) do joelho (°)	-11,91±7,35	-9,63±5,59	0,26	0,36
Excursão máxima em abdução (-) / adução (+) do quadril (°)	11,63±4,81	8,86±5,75	0,10	0,53
Excursão máxima em rotação lateral (-) / medial (+) do quadril (°)	17,52±6,28	17,35±7,71	0,94	0,02
Excursão em abdução (-) / adução (+) do joelho a 75° de flexão do joelho (°)	-7,08±8,60	-4,73±5,96	0,31	0,33
Excursão em abdução (-) / adução (+) do quadril a 75° de flexão do joelho (°)	8,84±4,82	6,06±6,18	0,11	0,51
Excursão em rotação lateral (-) / medial (+) do quadril a 75° de flexão do joelho (°)	13,14±6,97	13,60±8,15	0,85	0,06

GCO – Grupo contraceptivo oral; GC – Grupo controle

Os dados apresentados na Tabela 2 evidenciam que não há diferença entre os grupos quanto à máxima excursão em adução ($p=0,10$) e rotação medial ($p=0,94$) do quadril, ou na máxima excursão em abdução do joelho ($p=0,26$). Com relação aos valores atingidos no ângulo de 75° de flexão do joelho, não houve diferença entre os grupos a respeito da excursão em adução ($p=0,11$) ou rotação medial ($p=0,85$) do quadril, ou ainda em relação à excursão em abdução do joelho ($p=0,31$). Os efeitos relativos (Cohen's d) representaram um efeito negligenciável a médio (valores variando entre 0,02-0,55) – Tabelas 1 e 2.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi identificar o efeito do uso de CO nas medidas de adução e rotação medial do quadril e de abdução do joelho em mulheres sadias durante a realização do agachamento unipodal. Diante do corpo de conhecimento da área, supõe-se que o presente estudo é o primeiro a se dedicar ao exame da influência dos CO na cinemática do membro inferior durante uma atividade dinâmica. Contrariamente à hipótese de uma influência dos CO nos movimentos do quadril e do joelho, não foi verificada diferença nas excursões de movimento das articulações do quadril e do joelho durante esta tarefa funcional entre usuárias e não-usuárias de CO. Uma vez que não foram identificados estudos que avaliassem a influência dos CO na cinemática do membro inferior, nenhuma comparação direta pode ser feita em relação aos achados atuais.

Contudo, alguns autores avaliaram o efeito dos CO nas propriedades mecânicas do LCA (POKORNY et al., 2000; MARTINEAU et al., 2004) e no risco de lesão do LCA (AGEL et al., 2006; RUEDL et al., 2009), o que permite considerações indiretas. De uma perspectiva aplicada, apenas um desses estudos verificou que o uso de CO apresentou redução significativa na translação anterior da tibia, indicando que o seu uso aparentemente reduz a frouxidão do joelho e poderia, conseqüentemente, apresentar um efeito protetor às lesões do joelho (MARTINEAU et al., 2004). Apesar das diferenças metodológicas, o presente estudo não suporta esta hipótese, corroborando indiretamente dois outros estudos, de natureza epidemiológica (AGEL et al., 2006; RUEDL et al., 2009), os quais não verificaram diferenças na quantidade de lesões entre atletas que utilizavam CO em relação àquelas que não faziam uso dessa terapêutica. Contudo, RUEDL et al. (2009)

observaram que o estágio pré-ovulatório do ciclo menstrual estava associado com um aumento no índice de lesões do LCA, o que pode indicar a possibilidade de influência hormonal na ocorrência desta lesão.

Na tentativa de melhor compreender o papel dos fatores hormonais na ocorrência de lesões do LCA, alguns estudos (SLAUTERBECK et al., 1999; STRICKLAND et al., 2003; SENEVIRATNE et al., 2004) têm investigado o possível efeito de doses supra-fisiológicas de estrógeno no ligamento de espécimes animais, como uma forma de inferir o efeito deste hormônio durante a fase pré-ovulatória do ciclo menstrual. Esses estudos produziram resultados controversos sobre a presença (SLAUTERBECK et al., 1999) ou ausência (STRICKLAND et al., 2003; SENEVIRATNE et al., 2004) de mudanças significativas nas taxas de proliferação de fibroblastos e de síntese de colágeno no LCA. Contudo, é importante observar que em um desses estudos (SLAUTERBECK et al., 1999) os níveis de estrógeno utilizados são equivalentes àqueles encontrados em mulheres em estágio de gestação, ou seja, em níveis muito superiores aos de mulheres que não estejam sob essa condição. Deste modo, a relevância clínica desse achado deve ser analisada com cautela, visto que ele se aplica a situações envolvendo doses hormonais incompatíveis à população feminina mais predisposta às lesões do LCA.

Embora alguns estudos tenham evidenciado uma relação positiva entre as concentrações de estrógeno e a incidência de lesões do LCA (SLAUTERBECK et al., 2002; PARK et al., 2009; RUEDL et al., 2009), deve ser observado que a redução dessa concentração (derivada do uso regular de CO) não necessariamente causa um mecanismo reverso, que induziria a benefícios nas propriedades tênses do ligamento e, conseqüentemente, reduziria o risco de lesões do LCA (SENEVIRATNE et al., 2004). Desta forma, os resultados do presente estudo sugerem que o mecanismo protetor inicialmente atribuído a esses medicamentos (MARTINEAU et al., 2004) não resultam em um efeito oposto àquele observado nas situações de hiperdosagem desse hormônio (SLAUTERBECK et al., 1999). Tal conceito foi primeiramente estabelecido por SENEVIRATNE et al. (2004), que consideraram que qualquer efeito direto dos níveis de estrógeno sobre as propriedades mecânicas dos ligamentos deve ser, no máximo, limitado, visto que sua concentração endógena é extremamente dinâmica. Assim, considerando a constante variação hormonal durante os diferentes estágios do ciclo menstrual,

supõe-se que não haveria tempo suficiente para a manifestação de efeitos decisivos sobre aspectos estruturais do ligamento.

Os autores reconhecem algumas limitações relacionadas ao presente estudo. Primeiramente, destaca-se a ausência de uma avaliação específica da função dos músculos responsáveis pelo controle do valgo dinâmico do joelho. Uma vez que o valgo excessivo do joelho durante atividades de salto/aterrissagem é um indicador primário do risco de lesão do LCA em mulheres atletas (HEWETT et al., 2005) e que os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril assistem excentricamente no controle desse movimento (CLAIBORNE et al., 2006), sugere-se que a avaliação da função dessa musculatura, especialmente se integrada a uma situação funcional, seja útil para melhor compreender as características de alinhamento dinâmico do membro inferior observadas durante uma avaliação cinemática.

Além disso, o agachamento unipodal certamente apresenta limitações quando utilizado como modelo para avaliar a função de estabilização articular (estática e dinâmica) do membro inferior, uma vez que pode ser considerado uma tarefa de baixa demanda quando comparada a outras atividades comumente associadas à lesão do LCA, como a aterrissagem de um salto ou as manobras de desaceleração e mudança de direção (FERBER et al., 2003; RUSSELL et al., 2006). Porém, neste estudo não foi possível avaliar atividades de maior demanda devido à baixa frequência de aquisição do sistema utilizado para a análise cinemática (60 Hz). O agachamento unipodal foi escolhido porque é uma atividade funcional em cadeia cinética fechada, com descarga de peso corporal, de execução relativamente simples, sendo amplamente utilizado no meio clínico e científico (WILLSON et al., 2006) para avaliar a função do membro inferior. Apesar de sua baixa demanda, os autores acreditam que a cinemática do membro inferior possa ser devidamente avaliada durante essa atividade, de forma similar àquela envolvida em outras atividades mais complexas, sobretudo considerando os níveis de flexão do joelho estimulados para a realização do teste.

Por fim, destacam-se dois aspectos relacionados ao perfil da amostra utilizada no presente estudo. O primeiro deles refere-se ao tempo de uso dos CO. Se por um lado é reconhecido que existe uma relação dinâmica entre a frouxidão do joelho e as concentrações dos hormônios sexuais (SENEVIRATNE et al., 2004), por outro o tempo mínimo necessário para a manifestação de alterações no metabolismo do colágeno no LCA, mediante o uso de CO, ainda permanece desconhecido.

Entretanto, estudos prévios (MARTINEUAU et al., 2004; CAMMARATTA & DHAHER, 2008) consideraram o uso de CO por no mínimo 3 meses como critério de inclusão e, no presente estudo, a média de tempo de uso de tal medicação foi dez vezes superior. Do mesmo modo, DEDRICK et al. (2008) utilizaram o período de 6 meses como tempo mínimo de interrupção do uso de CO para incluir uma voluntária no grupo controle e, no presente estudo, as duas únicas voluntárias do GC que já haviam utilizado CO previamente interromperam o seu uso há pelo menos um ano. Desta forma, acredita-se que em ambas as situações as voluntárias apresentavam um perfil hormonal estabilizado. O segundo aspecto refere-se ao tamanho da amostra, que pode ser considerado pequeno ($n=21$) para as propostas desta investigação. Contudo, uma análise retrospectiva do poder amostral revelou que os testes estatísticos utilizados apresentaram baixos níveis de poder (valores variando entre 0,03-0,41) para detectar diferenças entre os grupos. Este fato indica que um maior número de sujeitos por grupo (n valores variando entre 53-17444) seria necessário para detectar diferenças mínimas entre os grupos, considerando $\alpha=0,05$ e $\beta=0,20$. Desta forma, os autores consideram que existem argumentos razoáveis para aceitar a hipótese nula.

Perspectivas

O uso de CO parece não apresentar influência sobre a cinemática do quadril e do joelho de mulheres sadias durante a realização do agachamento unipodal. Deste modo, o uso desta terapêutica como forma de estabilizar o perfil hormonal feminino, evitando a ocorrência de alterações estruturais negativas ao tecido ligamentar, bem como a sua influência sobre os riscos de lesões do LCA, ainda necessitam de melhor definição. Estudos futuros são recomendados para avaliar os efeitos dos CO em outras características biomecânicas e/ou neuromusculares em mulheres, tais como os padrões de ativação muscular e a cinética de membros inferiores durante atividades funcionais em usuárias de CO. Uma vez que esses medicamentos foram sugeridos como uma forma de reduzir a frouxidão do joelho induzida pelas variações hormonais do ciclo menstrual e potencialmente reduzir o risco de lesão do LCA em mulheres atletas (Martineau et al., 2004), a elucidação desta relação poderá ajudar a compreender de forma mais adequada os fatores de risco para este tipo de lesão, bem como direcionar as intervenções fundamentadas à minimização desses fatores.

Agradecimentos

Este projeto foi financeiramente garantido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo nº 479177/2008-2. Os autores também gostariam de agradecer ao auxílio financeiro do PIBIC/CNPq/UFSCar.

REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, Y.L.; KAHARA, H.M. **Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates**. Symposium on close-range photogrammetry. Falls Church, Va: American Society of Photogrammetry; p. 1–18, 1971.

ADACHI, N.; NAWATA, K.; MAETA, M.; KUROZAWA, Y. Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. **Arch Orthop Trauma Surg**. 128: 473–478, 2008.

AGEL, J.; BERSHADSKY, B.; ARENDT, E.A. Hormonal Therapy: ACL and ankle injury. **Med Sci Sports Exerc**. 38(1): 7-12, 2006.

ARENDT, E.A.; BERSHADSKY, B.; AGEL, J. Periodicity of noncontact anterior cruciate ligament injuries during menstrual cycle. **J Gend Specif Med**. 5(2): 19-26, 2002.

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

CAMMARATA, M.L.; DHAHER, Y.Y. The differential effects of gender, anthropometry, and prior hormonal state on frontal plane knee joint stiffness. **Clin Biomech**. (Bristol, Avon) 23(7): 937-945, 2008.

CESAR, G.M.; PEREIRA, V.S.; SANTIAGO, P.R.P.; BENZE, B.G.; LOBO DA COSTA, P.H.; AMORIM, C.F. et al. Variations in dynamic knee valgus and gluteus medius onset timing in non-athletic females related to hormonal changes during the menstrual cycle. **The Knee** 18(4): 224-230, 2011.

CHAPPELL, J.D.; YU, B.; KIRKENDALL, D.T.; GARRETT, W.E. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. **Am J Sports Med**. 30(2): 261-267, 2002.

CHAUDHARI, A.M.W.; LINDENFELD, T.N.; ANDRIACCHI, T.P.; HEWETT, T.E.; RICCOBENE, J.; MYER, G.D. et al. Knee and hip loadings patterns at different phases in the menstrual cycle – Implications for the gender difference in anterior cruciate ligament injury rates. **Am J Sports Med**. 35(5): 793-800, 2007.

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.** 22: 41-50, 2006.

DEDRICK, G.S.; SIZER, P.S.; MERKLE, J.N.; HOUNSHELL, T.R.; ROBERT-McCOMB, J.J.; SAWYER, S.F.; BRISMÉE, J.M.. ROGER-JAMES, C. Effect of sex hormones on neuromuscular control patterns during landing. **J Electromyogr Kinesiol.** 18(1): 68-78, 2008.

EHARA, Y.; FUJIMOTO, H.; MIYAZAKI, S.; MOCHIMARU, T. S.; YAMAMOTO, S. Comparison of the performance of 3D camera systems II. **Gait & Posture** 5: 251-255, 1997.

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

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.** 72(2): 155-165, 2003.

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

IRELAND, M.L.; OTT, S.M. Special concerns of the female athlete. **Clin Sports Med.** 23(2): 526-536, 2004.

HEINERT, B.L.; KERNOZEK, T.W., GREANY, J.F.; FATER, D.C.J. Hip abductor weakness and lower extremity kinematics during running. **J Sport Rehabil.** 7(3): 243-256, 2008.

HEWETT, T.E. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. **Sports Med.**, 29: 313–327, 2000.

HEWETT, T.E.; MYER, G.D.; FORD, K.R.; HEIDT, JR. R.S.; COLOSIMO, A.J.; McLEAN, S.G. et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes – A prospective study. **Am J Sports Med.** 33(4): 492-501, 2005.

LIU, S.H.; AL-SHAikh, R.; PANOSSIAN, V.; YANG, R.S.; NELSON, S.D.; SOLEIMAN, N. et al. Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cell in the human anterior cruciate ligament. **J Orthop Res.** 14: 526-533, 1996.

MARKOLF, K.L.; BURCHFIELD, D.M.; SHAPIRO, M.M.; SHEPARD, M.F.; FINERMAN, G.A.; SLAUTERBECK, J.L. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. **J Orthop Res.** 13: 930-935, 1995.

MARTINEAU, P.A.; AL-JASSIR, F.; LENCZNER, E.; BURMAN, M.L. Effect of the oral contraceptive pill on ligamentous laxity. **Clin J Sports Med.** 14(5): 281-286, 2004.

PARK, S.K.; STEFANYSHYN, D.J.; LOITZ-RAMAGE, B.; HART, D.A.; RONSKY, J.L. Changing hormone levels during the menstrual cycle affect knee laxity and stiffness in healthy female subjects. **Am J Sports Med.** 37: 588-598, 2009.

POKORNY, M.J.; SMITH, T.D.; CALUS, S.A.; DENNISON, E.A. Self-reported oral contraceptive use and peripheral joint laxity. **J Orthop Sports Phys Ther.** 30: 683-692, 2000.

RENSTROM, P.; LJUNGQVIST, A.; ARENDT, E.; BEYNNON, B.; FUKUBAYASHI, T.; GARRETT, W. et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. **Br J Sports Med.** 42: 394-412, 2008.

RUEDL, G.; PLONER, P.; LINORTNER, I.; SCHRANZ, A.; FINK, C.; SOMMERSACHER, R. et al. Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.** 17(9): 1065-1069, 2009.

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.** 41(2): 166-171, 2006.

SENEVIRATNE, A.; ATTIA, E.; WILIAMS, R.J.; RODEO, S.A.; HANNAFIN, J.A. The effect of estrogen on ovine anterior cruciate ligament fibroblasts. **Am J Sports Med.** 32: 1613-1618, 2004.

SLAUTERBECK, J.; CLEVINGER, C.; LUNDBERG, W.; BURCHFIELD, D.M. Estrogen level alters the failure load of the rabbit anterior cruciate ligament. **J Orthop Res.** 17: 405-408, 1999.

SLAUTERBECK, J.R.; FUZIE, S.F.; SMITH, M.P.; CLARK, R.J.; XU, K.; STARCH, D.W. et al. The menstrual cycle, sex hormones and anterior cruciate ligament injury. **J Athl Train.** 37(3): 275-280, 2002.

SPEROFF, L.; FRITZ, M.A. **Clinical Gynecologic Endocrinology and Infertility.** 7th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, p. 1334, 2005.

STRICKLAND, S.M.; BELKNAP, T.W.; TURNER, S.A.; WRIGHT, T.M.; HANNAFIN, J.A. Lack of hormonal influences on mechanical properties of sheep knee ligaments. **Am J Sports Med.** 31: 210-215, 2003.

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

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

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

ZAZULAK, B.T.; PONCE, P.T.; 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.** 35(5): 292-299, 2005.

ESTUDO 2

Manuscrito submetido ao periódico "*Knee Surgery, Sports Traumatologic, Arthroscopy*" (JCR=1,857 - equivalência ao estrato A1 - WebQualis) – ANEXO III

Tipo de artigo: Estudo prognóstico – **Nível de evidência:** III

Título: Efeito do uso de contraceptivos orais na cinemática do quadril e do joelho de mulheres sadias durante a descida anterior de degraus

Informações dos autores:

Daniel Ferreira Moreira Lobato, MSc, PT daniellobato@ig.com.br
Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP,
Brasil

Rodrigo de Marche Baldon, MSc, PT rodrigo_baldon@hotmail.com
Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP,
Brasil

Paloma Yan Lam Wun, PT pylw_06@hotmail.com
Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP,
Brasil

Paulo Roberto Pereira Santiago, PhD paulosantiago@usp.br
Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto,
SP, Brasil

Fábio Viadanna Serrão, PhD, PT fserrao@ufscar.br
Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP,
Brasil

Autor para correspondência:

Fábio Viadanna Serrão
Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luis, km 235 CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brasil
Telephone number: +55 16 3351 8754 Fax number: +55 16 3361 2081
E-mail address: fserrao@ufscar.br

Resumo

Objetivos: Nosso objetivo foi avaliar os efeitos do uso de contraceptivos orais (CO) na cinemática do quadril e do joelho de mulheres sadias durante a descida anterior de degraus.

Métodos: Quarenta voluntárias com idade entre 18 e 26 anos foram divididas em dois grupos: 1 – Grupo de mulheres que utilizavam CO por pelo menos três meses prévios à avaliação ($n= 20$) e 2 – Grupo de mulheres que não utilizavam CO ($n= 20$). As excursões em abdução/adução do joelho, abdução/adução do quadril e rotação medial/lateral do quadril (em graus) foram calculadas para o membro dominante durante a descida anterior de degraus sob condições de filmagem. Testes t para amostras independentes foram utilizados para comparar as diferenças cinemáticas (excursão máxima e excursão atingida quando o joelho estava em 50° de flexão) entre os grupos ($\alpha=0,05$).

Resultados: Nenhuma diferença significativa foi verificada entre os grupos para a excursão máxima em abdução do joelho ($p= 0,58$) ou para a excursão máxima em adução ($p=0,29$) e rotação medial ($p=0,42$) do quadril. Quando considerado o ângulo de flexão do joelho de 50° , nenhuma diferença foi verificada entre os grupos para a excursão em abdução do joelho ($p= 0,92$) ou para a excursão em adução ($p=0,50$) e rotação medial/lateral ($p=0,19$) do quadril.

Conclusão: Estes resultados sugerem que o uso de CO não influencia a cinemática do quadril e do joelho durante a descida anterior de degraus.

Palavras-chave: Ligamento cruzado anterior, joelho, quadril, contraceptivo oral, cinemática

INTRODUÇÃO

A população feminina é de duas a oito vezes mais propensa a sofrer uma lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) do que a população masculina (ARENDR & DICK, 1995). Alguns fatores (anatômicos, biomecânicos e hormonais) têm sido investigados para compreender porque as mulheres estão mais sujeitas a essas lesões, e recentemente a atenção tem sido direcionada para o papel da endocrinologia feminina. Tem sido sugerido que a flutuação nos níveis séricos de estrógeno durante o ciclo menstrual pode afetar negativamente o metabolismo do colágeno no LCA, contribuindo para o aumento da incidência desta lesão em mulheres (ARENDR et al., 2002; ADACHI et al., 2008). Neste sentido, um estudo recente (PARK et al., 2009) verificou que as mulheres apresentam maior frouxidão e menor capacidade de estabilização articular do joelho (17% de redução) durante a fase ovulatória do ciclo menstrual, concluindo que as mulheres estão mais propensas a lesões no joelho durante esta fase do ciclo.

É reconhecido que o aumento no movimento em valgo do joelho durante a aterrissagem de um salto e/ou durante atividades que envolvem desaceleração e mudanças de direção, é um dos principais fatores associados com a lesão do LCA (RUSSELL et al., 2006; CÉSAR et al., 2011). Durante essas atividades funcionais, as mulheres apresentam maior adução e rotação medial do quadril do que os homens, resultando em um aumento no ângulo em valgo do joelho (FERBER et al., 2003).

Considerando o papel do LCA como um restritor secundário para o movimento em valgo (MARKOLF et al., 1995), bem como a possibilidade de uma influência hormonal inibitória sobre sua resistência mecânica (LIU et al., 1996), tem sido hipotetizado que a função biomecânica do LCA em estabilizar a articulação do joelho poderia ser comprometida em função de fatores hormonais, levando o joelho a maiores posições em abdução que conseqüentemente poderiam predispor a um maior risco de lesões do LCA (CAMMARATA & DHAHER, 2008; CÉSAR et al., 2011).

Por meio de uma abordagem patomecânica que considere a interdependência entre segmentos articulares adjacentes (explicada pela teoria da cadeia cinética fechada), assume-se que este aumento na posição em valgo do joelho devido ao aumento de flexibilidade do LCA pode resultar em (ou ser resultado de) maior

excursão em adução e rotação medial do quadril, uma vez que esses movimentos são componentes proximais do valgo dinâmico do joelho (FERBER et al., 2003).

O uso de contraceptivos orais (CO) tem sido sugerido como uma forma de reduzir as taxas de lesão do LCA por meio da estabilização da flutuação hormonal que ocorre durante o ciclo menstrual (MARTINEAU et al., 2004). Contudo, pouco se sabe acerca de seus reais efeitos sobre as propriedades biomecânicas do ligamento e, conseqüentemente, sobre o risco de lesão do LCA. Até o momento, poucos estudos têm investigado os efeitos do uso de CO sobre a frouxidão do joelho, analisada por meio da artrometria (POKORNY et al., 2000; MARTINEAU et al., 2004) e pelo teste de rigidez articular do joelho ao movimento passivo (CAMMARATA & DHAHER, 2008). De forma geral, esses estudos têm produzido resultados contraditórios (POKORNY et al., 2000; ARENDT et al., 2002; MARTINEAU et al., 2004; CHAUDHARI et al., 2007; CAMMARATA & DHAHER, 2008). Além disso, dois estudos epidemiológicos verificaram que o uso de CO aparentemente não reduz as taxas de lesão LCA entre mulheres atletas (AGEL et al., 2006; RUEDL et al., 2009).

Os fatos acima mencionados demonstram a necessidade de estudos adicionais para melhor investigar os efeitos dos CO no risco de lesão do LCA, por meio de trabalhos que considerem sua possível influência não apenas em avaliações estáticas, mas também durante situações de natureza dinâmica e funcional (CHAUDHARI et al., 2007). Durante avaliações dinâmicas, supõe-se que tanto os estabilizadores passivos quanto os dinâmicos atuem simultaneamente para promover a estabilidade articular, enquanto as avaliações estáticas são limitadas por enfatizar apenas a ação dos estabilizadores passivos (CÉSAR et al., 2011). Uma vez que as lesões do LCA ocorrem freqüentemente durante tarefas dinâmicas, uma avaliação dessa natureza passa a ser estimulada pois aproxima-se do cenário de lesão (CÉSAR et al., 2011).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos do uso de CO na cinemática do quadril e do joelho em mulheres durante uma atividade dinâmica e funcional – a descida anterior de degraus. Hipotetiza-se que o uso de CO possa ter uma influência positiva nos movimentos do quadril e do joelho, com uma redução no movimento em valgo do joelho (adução e rotação medial do quadril e abdução do joelho).

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram deste estudo transversal quarenta atletas recreacionais de uma comunidade universitária, com idade entre 18 e 26 anos. Uma atleta recreacional foi definida como qualquer atleta que participasse de atividades aeróbias e/ou atléticas por pelo menos 3 vezes/semana (HEINERT et al., 2008). Indivíduos com lesões atuais ou cirurgias prévias no membro inferior (PARK et al., 2009), ou que apresentassem condições cardiovasculares, pulmonares, neurológicas ou sistêmicas que limitassem a atividade física (CHAPPELL et al., 2002) foram excluídos.

As voluntárias foram divididas por conveniência em dois grupos: 1) Grupo de mulheres que utilizavam CO há pelo menos 3 meses prévios à avaliação (GCO, $n=20$; $20,85\pm 1,46$ anos; $57,45\pm 6,29$ kg, $1,63\pm 0,07$ m) e 2 – Grupo de mulheres que não utilizavam CO nos últimos seis meses prévios à avaliação – grupo controle (GC, $n=20$; $20,45\pm 1,73$ anos, $58,70\pm 8,38$ kg, $1,62\pm 0,07$ m). Todas as voluntárias leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE II) antes das avaliações, sendo que todos os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade (processo nº 450/2009) – ANEXO IV.

Procedimentos

Após a avaliação física (APÊNDICE I), uma avaliação cinemática do membro inferior dominante (determinado perguntando às voluntárias qual o membro utilizado para chutar uma bola na máxima distância possível) foi durante a descida anterior de degraus foi realizada durante o estágio pré-ovulatório (11^o-13^o dias) do ciclo menstrual (no qual os níveis de estrógeno são mais elevados), uma vez que este período é considerado por alguns autores como apresentando maior associação com a ocorrência de lesões do LCA (PARK et al., 2009; RUEDL et al., 2009).

Os movimentos foram registrados por meio de quatro câmeras digitais (Panasonic NV–GS180, Matsushita Group, Japão), ajustadas a uma frequência de aquisição de 60 Hz e posicionadas de forma ideal para que pudessem registrar todos os marcadores passivos. As câmeras estavam localizadas em frente (câmeras 1 e 2) e póstero-lateralmente (câmeras 3 e 4) aos sujeitos. As câmeras frontais apresentavam uma angulação de 60° entre elas, enquanto as câmeras 3 e 4

estavam anguladas a 60° em relação aos sujeitos (120° de angulação uma em relação a outra).

Para o procedimento de calibração, foi utilizado um objeto com dimensões conhecidas (1 m x 1,8 m x 0,8 m), filmado na área onde as voluntárias iriam realizar a tarefa. Este objeto apresentava 24 pontos de controle com posições absolutas conhecidas em relação ao sistema de coordenadas cartesiano. O sistema de referência global foi então definido com este objeto devidamente calibrado, no qual o eixo Y estava orientado superiormente, o eixo X orientado anteriormente e o eixo Z orientado para a direita das participantes (WU & CAVANAGH, 1995).

Em cada avaliação, nove marcadores refletivos passivos (10 mm de diâmetro) foram posicionados pelo mesmo pesquisador nas seguintes superfícies anatômicas: (1 e 2) espinhas ilíacas ântero-superiores, (3) primeira vértebra sacral, (4) proeminência do trocânter maior do fêmur, (5 e 6) epicôndilos medial e lateral do fêmur, (7) cabeça da fíbula e (8 e 9) sobre os maléolos medial e lateral. Esta distribuição de marcadores foi necessária para determinar o alinhamento do quadril e do joelho durante a descida anterior de degraus. O sistema de coordenadas dos marcadores foi identificado por meio do uso do *software* Dvideow (Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits) (FIGUEROA et al., 2003), que utiliza o método de transformação linear direta – DLT (*direct linear transformation*) para a representação tri-dimensional do movimento (ABDEL-AZIZ & KAHARA, 1971).

A cinemática do quadril e do joelho de cada voluntária foi analisada durante a realização da descida anterior de degraus. As voluntárias foram instruídas a subir no topo de uma escada de madeira de três degraus (altura, profundidade e largura de cada degrau = 20,5, 27,5 e 60 cm, respectivamente) e permanecer nessa posição com o membro não-dominante sem contato com o último degrau e com os membros superiores cruzados em frente ao tórax. Neste momento foi realizado o registro digital da posição estática em apoio simples, a ser utilizado para determinar a posição de alinhamento anatômico do quadril e do joelho dominante nos planos frontal e transversal (apenas para o quadril), com as medidas subseqüentes referindo-se a este posicionamento (Figura 1).

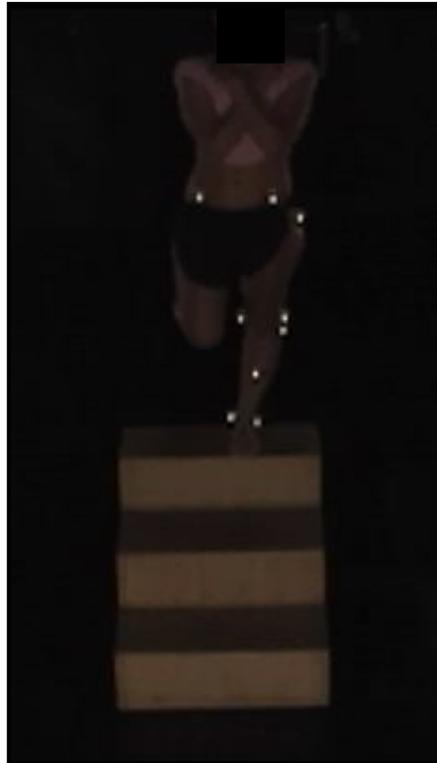


Figura 1 - Voluntária na posição anatômica (estática em apoio simples) para a realização da descida anterior de degraus (câmera 2)

Permanecendo em apoio bipodal no topo do ultimo degrau, as voluntárias foram instruídas a descer um degrau, iniciando o movimento com o membro não-dominante (membro dominante em apoio) e finalizando o movimento com o membro dominante (Figura 2). O tempo de execução da tarefa foi padronizado em $3,0 \pm 0,3$ segundos, controlados por cronômetro digital (Timex Marathon, Timex Group USA Inc, Middlebury, CT, USA). Cada sujeito completou 3 tentativas de familiarização com os procedimentos do teste e 5 tentativas aceitáveis para a análise dos dados. Se qualquer um dos requisitos para a avaliação não fosse satisfeito, a tentativa era invalidada e uma nova tentativa era então realizada. As médias dos valores cinemáticos do membro dominante obtidos durante a fase de suporte das 5 tentativas validadas foram utilizados para a análise estatística.

Após o registro tridimensional das coordenadas de cada marcador, os dados foram submetidos ao *software* Matlab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA) e analisados utilizando um filtro Butterworth passa-baixa de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz. O sistema de coordenada local da pelve, coxa e perna foi então definido e algoritmos foram criados para quantificar os ângulos articulares de

interesse. Os ângulos do quadril e do joelho foram calculados utilizando a convenção matemática dos ângulos de Euler, considerando o sistema de coordenadas do segmento distal em relação ao sistema de coordenadas do segmento proximal (GROOD & SUNTAY, 1983).



Figura 2 - Seqüência de imagens obtidas durante a descida anterior de degraus (câmera 2)

Medidas de resultado

As variáveis cinemáticas do quadril e do joelho estudadas foram a excursão máxima em abdução/adução e em rotação medial/lateral (apenas para o quadril) e as excursões em abdução/adução e em rotação medial/lateral (apenas para o quadril) a 50° de flexão do joelho. Estas variáveis foram calculadas por meio da subtração dos ângulos do quadril e do joelho atingidos nessas condições daqueles registrados na posição anatômica em apoio simples. Por convenção, valores positivos representam as excursões em adução do quadril e joelho e em rotação medial do quadril, enquanto valores negativos representam excursões em abdução do quadril e joelho e em rotação lateral do quadril.

O ângulo de flexão (50°) foi escolhido porque observações prévias por meio de um estudo-piloto revelaram uma forte tendência de aumento dos movimentos em adução do quadril e em abdução do joelho com o aumento do ângulo de flexão do joelho durante a descida anterior de degraus. Como a altura do degrau da escada não pôde ser padronizada em relação à altura da voluntária, foi necessário padronizar o ângulo de flexão do joelho em um ângulo que fosse atingido por todas

as voluntárias durante o teste. O erro experimental do estudo foi verificado por meio de um teste de acurácia específico (EHARA et al., 1997), que evidenciou uma acurácia do sistema de 2,8 mm.

Análise estatística

A análise estatística foi conduzida por meio do *software* Statistica (version 5.0, StatSoft Inc, Tulsa, OK, USA). Após a confirmação da normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov–Smirnov, testes t-Student para amostras independentes foram conduzidos para verificar a existência de diferenças existentes entre os grupos, considerando um nível de significância de 5%. Adicionalmente, os índices de significância clínica de Cohen (Cohen's *d*) foram calculados para representar o efeito relativo (*effect size*) de cada variável de interesse.

RESULTADOS

A Tabela 1 evidencia similaridade entre os grupos quanto aos dados antropométricos e demográficos, bem como medidas cinemáticas do quadril e do joelho na posição anatômica similares entre os grupos (*p*-valores variando entre 0,18-0,79). Desta forma, consideram-se as amostras passíveis de comparação. A Tabela 2 evidencia que não há diferenças entre os grupos a respeito da excursão máxima em adução (*p*=0,29) e rotação medial (*p*=0,42) do quadril, ou para a excursão máxima em abdução do joelho (*p*=0,58). Com relação aos valores atingidos no ângulo de 50° de flexão do joelho, não houve diferença entre os grupos a respeito da excursão em adução (*p*=0,50) ou rotação medial (*p*=0,19) do quadril, ou para a excursão máxima em abdução do joelho (*p*=0,92). Os efeitos relativos (Cohen's *d*) representaram um efeito negligenciável a médio (valores variando entre 0,03-0,44) – Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Dados antropométricos, demográficos e medidas cinemáticas na posição anatômica (média e DP) ($n=20$).

Variável	GCO	GC	<i>p</i> -valor	Cohen <i>d</i>
Idade (anos)	20,85±1,46	20,45±1,73	0,43	0,26
Altura (m)	1,63±0,07	1,62±0,07	0,65	-0,17
Massa (kg)	57,45±6,29	58,70±8,38	0,60	0,15
Abdução (-) / adução (+) do joelho na posição anatômica (°)	-1,4±2,8	-2,5±2,3	0,18	0,44
Abdução (-) / adução (+) do quadril na posição anatômica (°)	5,8±1,9	6,0±2,3	0,79	-0,09
Rotação lateral (-) / medial (+) do quadril na posição anatômica (°)	4,5±7,4	2,5±7,8	0,42	0,26

GCO – Grupo contraceptivo oral; GC – Grupo controle

Tabela 2 - Medidas cinemáticas do quadril e do joelho durante a descida anterior de degraus (média e DP) ($n=20$).

Variável	GCO	GC	<i>p</i> -valor	Cohen <i>d</i>
Máxima excursão em abdução (-) / adução (+) do joelho (°)	-8,0±5,6	-7,1±4,7	0,58	0,18
Máxima excursão em abdução (-) / adução (+) do quadril (°)	9,5±3,3	8,3±3,4	0,29	0,35
Máxima excursão em rotação lateral (-) / medial (+) do quadril (°)	5,4±3,2	6,3±3,9	0,42	-0,26
Excursão em abdução (-) / adução (+) do joelho a 50° de flexão do joelho (°)	-2,5±6,0	-2,7±4,6	0,92	0,03
Excursão em abdução (-) / adução (+) do quadril a 50° de flexão do joelho (°)	7,1±2,9	6,4±3,6	0,50	0,22
Excursão em rotação lateral (-) / medial (+) do quadril a 50° de flexão do joelho (°)	-2,3±5,0	0,0±5,9	0,19	-0,43

GCO – Grupo contraceptivo oral; GC – Grupo controle

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi identificar o efeito do uso de CO nas medidas de adução e rotação medial do quadril e de abdução do joelho em mulheres saudáveis durante a realização da descida anterior de degraus. Ao melhor de nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a se dedicar ao exame da influência dos CO na cinemática do quadril e do joelho em uma atividade dinâmica. Contrariamente à hipótese de uma influência positiva dos CO nos movimentos do quadril e do joelho, o presente estudo não verificou diferença nas excursões de movimento do quadril e do joelho nesta tarefa funcional entre usuárias e não-usuárias de CO. Uma vez que nenhum outro estudo avaliou a influência dos CO na cinemática do quadril e do joelho, nenhuma comparação direta pode ser feita em relação aos achados atuais.

Contudo, alguns autores avaliaram o efeito dos CO nas propriedades mecânicas do LCA (POKORNY et al., 2000; ARENDT et al., 2002; MARTINEAU et al., 2004; CHAUDHARI et al., 2007) e no risco de lesão do LCA (AGEL et al., 2006; RUEDL et al., 2009). De uma perspectiva aplicada, apenas um desses estudos verificou que o uso de CO apresentou redução significativa na translação anterior da tíbia, indicando que o seu uso aparentemente reduz a frouxidão do joelho e poderia, conseqüentemente, apresentar um efeito protetor às lesões do joelho (MARTINEAU et al., 2004). Apesar das diferenças metodológicas, os resultados do presente estudo não suportam esta hipótese. Na mesma tendência, dois estudos epidemiológicos (AGEL et al., 2006; RUEDL et al., 2009) não encontraram diferença na quantidade de lesões entre atletas que utilizavam CO em relação àquelas que não faziam uso dessa terapêutica. Contudo, os últimos autores (RUEDL et al., 2009) observaram que o estágio pré-ovulatório do ciclo menstrual estava associado com um aumento nas lesões do LCA, o que pode indicar uma influência hormonal na ocorrência desta lesão.

Na tentativa de melhor compreender o papel dos fatores hormonais na ocorrência de lesões do LCA, alguns estudos (SLAUTERBECK et al., 2002; STRICKLAND et al., 2003; SENEVIRATNE et al. 2004) têm investigado o possível efeito de doses supra-fisiológicas de estrógeno no ligamento de espécimes animais, como uma forma de inferir o efeito deste hormônio durante a fase pré-ovulatória do ciclo menstrual. Esses estudos produziram resultados controversos sobre a presença (SLAUTERBECK et al., 2002) ou ausência (STRICKLAND et al., 2003;

SENEVIRATNE et al. 2004) de mudanças significativas nas taxas de proliferação de fibroblastos e de síntese de colágeno no LCA. Contudo, é importante observar que em um desses estudos (SLAUTERBECK et al., 2002) os níveis de estrógeno utilizados são equivalentes àqueles encontrados em mulheres em estágio de gestação, ou seja, em níveis muito superiores aos de mulheres que não estejam sob essa condição. Deste modo, a relevância clínica desse achado deve ser analisada com cautela.

Embora alguns estudos tenham evidenciado uma relação positiva entre as concentrações de estrógeno e a incidência de lesões do LCA (SLAUTERBECK et al., 2002; PARK et al., 2009; RUEDL et al., 2009) deve ser observado que a redução dessa concentração (derivada do uso regular de CO) não necessariamente constitui um mecanismo reverso, que induziria a benefícios nas propriedades tênses do ligamento e, conseqüentemente, reduziria o risco de lesões do LCA. Desta forma, os resultados do presente estudo sugerem que o mecanismo protetor inicialmente atribuído a esses medicamentos (MARTINEAU et al., 2004) não resultam em um efeito oposto àquele observado nas situações de hiperdosagem desse hormônio (SLAUTERBECK et al., 2002). Este conceito foi primeiramente estabelecido por SENEVIRATNE et al. (2004). Para esses autores, qualquer efeito direto dos níveis fisiológicos de estrógeno sobre as propriedades mecânicas dos ligamentos devem ser, no máximo, limitadas, visto que as mudanças em sua concentração endógena são extremamente dinâmicas.

Finalmente, não há evidência conclusiva que os CO apresentem um efeito protetor frente à lesão do LCA. Os efeitos dos CO na estabilização do perfil hormonal feminino e o seu impacto final nas propriedades dos tecidos moles, sobre a lesão ou sobre a *performance* ainda está por ser definido. Estudos futuros são recomendados para avaliar os efeitos dos CO em outras características biomecânicas e/ou neuromusculares em mulheres, tais como os padrões de ativação muscular e a cinética de membros inferiores em usuárias de CO. Uma vez que os CO foram sugeridos como uma forma de reduzir a frouxidão do joelho induzida pelas variações hormonais do ciclo menstrual e potencialmente reduzir o risco de lesão do LCA em mulheres atletas (MARTINEAU et al., 2004), a elucidação desta relação poderá ajudar a compreender de forma mais adequada os fatores envolvidos na estabilidade articular e nos riscos de lesão.

Os autores reconhecem algumas limitações relacionadas ao presente estudo. Primeiramente, o tamanho da amostra pode ser considerado pequeno ($n=20$) para as propostas desta investigação. Contudo, uma análise retrospectiva do poder amostral revelou que os testes estatísticos utilizados apresentaram baixos níveis de poder (valores variando entre 0,06-0,39) para detectar diferenças entre os grupos. Este fato indica que um maior número de sujeitos por grupo (n valores variando entre 65-3436) seria necessário para detectar diferenças mínimas entre os grupos, considerando $\alpha=0,05$ e $\beta=0,20$. Desta forma, os autores acreditam que existem argumentos razoáveis para aceitar a hipótese nula.

Em segundo lugar, a descida anterior de degraus pode ser considerada uma tarefa de baixa demanda quando comparada a outras atividades comumente relacionadas às lesões do LCA, tais como a aterrissagem de um salto ou a corrida (FERBER et al., 2003; RUSSELL et al., 2006), porém outra limitação deste estudo refere-se ao sistema de aquisição de imagens (60 Hz). Uma atividade de alta demanda envolve movimentos explosivos em altas velocidades e, para analisar os ângulos do quadril e do joelho com a acurácia apropriada, torna-se necessário o uso de câmeras digitais com frequência de aquisição de imagens superior. Desta forma, uma atividade funcional mais lenta teve que ser escolhida. A descida anterior de degraus foi escolhida porque é uma atividade funcional muito simples, com descarga de peso corporal, amplamente utilizada no ambiente clínico e em outros estudos (BRINDLE et al., 2003; SALSICH et al., 2001) para avaliar a função do membro inferior. Apesar de sua baixa demanda, os autores acreditam que a cinemática do membro inferior possa ser devidamente avaliada nessa atividade, de forma similar àquela envolvida em outras atividades mais complexas envolvendo descarga de peso.

CONCLUSÃO

O uso de CO aparentemente não influencia a cinemática do quadril e do joelho de mulheres saudáveis durante a descida anterior de degraus. Deste modo, o papel dessa medicação como um fator de proteção às lesões do ligamento cruzado anterior permanece questionável.

Agradecimentos

Este projeto foi financeiramente garantido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo nº 479177/2008-2. Os autores também gostariam de agradecer ao auxílio financeiro do PIBIC/CNPq/UFSCar.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ABDEL-AZIZ, Y.L.; KAHARA, H.M. **Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates**. Symposium on close-range photogrammetry. Falls Church, Va: American Society of Photogrammetry; p. 1–18, 1971.

ADACHI, N.; NAWATA, K.; MAETA, M.; KUROZAWA, Y. Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. **Arch Orthop Trauma Surg**. 128: 473–478, 2008.

AGEL, J.; BERSHADSKY, B.; ARENDT, E.A. Hormonal Therapy: ACL and ankle injury. **Med Sci Sports Exerc**. 38(1): 7-12, 2006.

ARENDT, E.A.; BERSHADSKY, B.; AGEL, J. Periodicity of noncontact anterior cruciate ligament injuries during menstrual cycle. **J Gend Specif Med**. 5(2): 19-26, 2002.

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

BRINDLE, T.J.; MATTACOLA, C.; McCRORY, J. Electromyographic changes in the gluteus medius during stair ascent and descent in subjects with anterior knee pain. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**. 11(4): 244-251, 2003.

CAMMARATA, M.L.; DHAHER, Y.Y. The differential effects of gender, anthropometry, and prior hormonal state on frontal plane knee joint stiffness. **Clin Biomech**. (Bristol, Avon) 23(7): 937-945, 2008.

CESAR, G.M.; PEREIRA, V.S.; SANTIAGO, P.R.P.; BENZE, B.G.; LOBO DA COSTA, P.H.; AMORIM, C.F. et al. Variations in dynamic knee valgus and gluteus medius onset timing in non-athletic females related to hormonal changes during the menstrual cycle. **The Knee** 18(4): 224-230, 2011.

CHAPPELL, J.D.; YU, B.; KIRKENDALL, D.T.; GARRETT, W.E. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. **Am J Sports Med.** 30(2): 261-267, 2002.

CHAUDHARI, A.M.W.; LINDENFELD, T.N.; ANDRIACCHI, T.P.; HEWETT, T.E.; RICCOBENE, J.; MYER G,D, et al. Knee and hip loadings patterns at different phases in the menstrual cycle – Implications for the gender difference in anterior cruciate ligament injury rates. **Am J Sports Med.** 35(5): 793-800, 2007.

EHARA, Y.; FUJIMOTO, H.; MIYAZAKI, S.; MOCHIMARU, M.; TANAKA, S.; YAMAMOTO, S. Comparison of the performance of 3D camera systems II. **Gait & Posture** 5: 251-255, 1997.

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

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.** 72(2): 155-165, 2003.

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

HEINERT, B.L.; KERNOZEK, T.W.; GREANY, J.F.; FATER, D.C.J. Hip abductor weakness and lower extremity kinematics during running. **J Sport Rehabil.** 7(3): 243-256, 2008.

LIU, S.H.; AL-SHAikh, R.; PANOSSIAN, V.; YANG, R.S.; NELSON, S.D.; SOLEIMAN, N et al. Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cell in the human anterior cruciate ligament. **J Orthop Res.** 14: 526-533, 1996.

MARKOLF, K.L.; BURCHFIELD, D.M.; SHAPIRO, M.M.; SHEPARD, M.F.; FINERMAN, G.A.; SLAUTERBECK, J.L. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. **J Orthop Res.** 13: 930-935, 1995.

MARTINEAU, P.A.; AL-JASSIR, F.; LENCZNER, E.; BURMAN, M.L. Effect of the oral contraceptive pill on ligamentous laxity. **Clin J Sports Med.** 14(5): 281-286, 2004.

PARK, S.K.; STEFANYSHYN, D.J.; LOITZ-RAMAGE, B.; HART, D.A.; RONSKY, J.L. Changing hormone levels during the menstrual cycle affect knee laxity and stiffness in healthy female subjects. **Am J Sports Med.** 37: 588-598, 2009.

POKORNY, M.J.; SMITH, T.D.; CALUS, S.A.; DENNISON, E.A. Self-reported oral contraceptive use and peripheral joint laxity. **J Orthop Sports Phys Ther.** 30: 683-692, 2000.

RUEDL, G.; PLONER, P.; LINORTNER, I.; SCHRANZ, A.; FINK, C.; SOMMERSACHER, R et al. Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.** 17(9): 1065-1069, 2009.

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.** 41(2): 166-171, 2006.

SALSICH, G.B.; BRECHTER, J.H.; POWERS, C.M. Lower extremity kinetics during stair ambulation in patients with and without patellofemoral pain. **Clin Biomech.** 16: 906-912, 2001.

SENEVIRATNE, A.; ATTIA, E.; WILIAMS, R.J.; RODEO, S.A.; HANNAFIN, J.A. The effect of estrogen on ovine anterior cruciate ligament fibroblasts. **Am J Sports Med.** 32: 1613-1618, 2004.

SLAUTERBECK, J.R.; FUZIE, S.F.; SMITH, M.P.; CLARK, R.J.; XU, K.; STARCH, D.W. et al. The menstrual cycle, sex hormones and anterior cruciate ligament injury. **J Athl Train.** 37(3): 275-280, 2002.

STRICKLAND, S.M.; BELKNAP, T.W.; TURNER, S.A.; WRIGHT, T.M.; HANNAFIN, J.A. Lack of hormonal influences on mechanical properties of sheep knee ligaments. **Am J Sports Med.** 31: 210-215, 2003.

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

ESTUDO 3

Manuscrito a ser submetido ao periódico "*Medicine & Science in Sports & Exercise*"
(JCR=4,106, WebQualis A1)

Efeito do treinamento pliométrico na cinemática e no desempenho funcional do membro inferior em mulheres sadias

Efeito do treinamento pliométrico no membro inferior

Daniel F M Lobato, Rodrigo M Baldon, André P Yoshimatsu, Ana F Santos, Andréa L Francisco, Paulo R P Santiago, Fábio V Serrão

Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia
Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos,
Brasil

Correspondência para:

Fábio Viadanna Serrão

Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luis, km 235, CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brasil

Telefone: +55 16 3351 8754

Fax: +55 16 3361 2081

E-mail: fserrao@ufscar.br

Este projeto foi financeiramente auxiliado por PIBIC/CNPq/UFSCar, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Processos nº 2010/00365-0, nº 2010/00364-4, nº 2010/07758-8 e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

RESUMO

A proposta deste estudo foi verificar os efeitos do treinamento pliométrico de oito semanas na cinemática e no torque excêntrico do quadril e do joelho, bem como o seu impacto sobre o desempenho funcional. Trinta e seis mulheres foram divididas de forma não-randomizada em dois grupos: 1) grupo treinamento (GT; $n=18$), que realizou o treinamento pliométrico por 8 semanas e 2) grupo controle (GC; $n=18$), que não realizou qualquer treinamento físico durante esse período. A análise cinemática do quadril e do joelho foi realizada durante o agachamento unipodal e o desempenho funcional foi avaliado por meio do salto triplo unipodal (STU) e pelo salto unipodal em 6 metros cronometrado (SUC). A relação torque excêntrico abductor, adutor, rotador lateral e rotador medial do quadril/massa corporal e o torque excêntrico flexor e extensor do joelho/massa corporal foram mensurados por meio de um dinamômetro isocinético. Após 8 semanas, o GT apresentou diminuição da excursão máxima em abdução do joelho ($p=0,009$) e em adução do quadril ($p<0,001$), bem como da excursão em adução do quadril a 75° de flexão do joelho ($p=0,002$). Além disso, o GT apresentou melhora no desempenho funcional para o STU ($p=0,05$) e para o SUC ($p<0,001$). Entretanto, não houve modificação significativa nos torques excêntricos do quadril e do joelho, embora tenha sido verificado um aumento de 19% no torque abductor do quadril. O GC não apresentou modificação significativa para nenhuma das variáveis cinemáticas, isocinéticas e funcionais avaliadas. Deste modo, o treinamento pliométrico de oito semanas foi eficiente para induzir alterações positivas de ordem cinemática e funcional nas mulheres avaliadas. Contudo, aparentemente não constituiu em um método efetivo para promover o fortalecimento dos músculos do quadril e do joelho.

Palavras-chave – ensaio clínico controlado, pliometria, cinemática, isocinética, desempenho funcional.

INTRODUÇÃO

Mulheres praticantes de esportes que envolvem saltos e movimentos rotacionais sobre o joelho são de quatro a seis vezes mais propensas a sofrer uma lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) do que homens praticantes das mesmas modalidades (ARENDR & DICK, 1995). Diferenças entre gêneros, relacionadas ao controle neuromuscular e à mecânica da extremidade inferior, têm sido consideradas como uma das principais causas dessa discrepância (MIZNER et al., 2008; POLLARD et al., 2010). Sabe-se que as mulheres tendem a apresentar estratégias de controle neuromuscular alteradas e/ou diminuídas durante tarefas atléticas comuns, tais como as mudanças de direção e aterrissagens de um salto (MYER et al., 2004; MYER et al., 2006; VESCOVI et al., 2008). Essas alterações podem levar a movimentos e cargas anormais nas articulações do membro inferior, diretamente relacionadas a um aumento do risco de lesão do LCA (CHAPPELL et al., 2002; FORD et al., 2003; MYER et al., 2004; HEWETT et al., 2005; MYER et al., 2006). Deste modo, a possibilidade de modificar essas estratégias por meio de intervenções específicas tem resultado em um crescente interesse nessa área (KIPP et al., 2011).

O aumento do movimento em valgo do joelho durante atividades esportivas é considerado um dos principais mecanismos de lesão do LCA em mulheres (HEWETT et al., 2005; MYER et al., 2006). Esse mecanismo, denominado de valgo dinâmico, é definido como o movimento ou posicionamento da região distal da tíbia para longe da linha sagital mediana do corpo, enquanto a região distal do fêmur aproxima-se dessa linha (HEWETT et al., 2005). Assim, o valgo dinâmico do joelho é composto de adução e rotação medial do fêmur e da abdução e rotação lateral da tíbia (POWERS, 2010). Sabe-se que, durante as atividades esportivas, as mulheres tendem a apresentar maior excursão em adução e rotação medial do quadril e maior excursão em abdução do joelho (quando comparadas aos homens), o que resulta em um maior ângulo em valgo do joelho (MALINZAK et al., 2001; CHAPPELL et al., 2002; FORD et al., 2003; JACOBS et al., 2007). Uma vez que os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril têm um importante papel (por meio de suas ações excêntricas) no controle da adução (DIERKS et al., 2008) e rotação medial (POWERS, 2010) excessivas do quadril, bem como da abdução

excessiva do joelho (JACOBS & MATTACOLA, 2005), supõe-se que a fraqueza dessa musculatura, comumente observada em mulheres, pode levar a um déficit no controle dinâmico do quadril e do joelho, predispondo à ocorrência de lesões do LCA (POWERS, 2010, BALDON et al., 2012). Deste modo, diversos estudos têm indicado que um programa preventivo para as lesões do LCA deve envolver o fortalecimento desses músculos, com a finalidade de reduzir os movimentos articulares excessivos no quadril e no joelho e, conseqüentemente, a sobrecarga sobre o ligamento (CHAPPELL et al., 2002; MYER et al., 2006; MYER et al., 2008; BALDON et al., 2012).

Adicionalmente, constata-se que as mulheres, ao aterrissar de um salto, tendem a apresentar um padrão de movimento com menor flexão de quadril e de joelho (MALINZAK et al., 2001; CHAPPELL et al., 2002; LEPHART et al., 2005), bem como maior dependência da ação excêntrica do músculo quadríceps para desacelerar esse movimento do que os homens (MYER et al., 2004; HEWETT et al., 2006). Este mecanismo, comumente referido como aterrissagem “dura” (VESCOVI et al., 2008; POLLARD et al., 2010), também se relaciona a um maior risco de lesões no joelho, sobretudo quando associado ao valgo dinâmico excessivo (POLLARD et al., 2010). Acredita-se que o tempo de reação e a força dos músculos isquiotibiais (um agonista dinâmico ao LCA) geralmente estão prejudicados nessa população (MYER et al., 2004), o que limita a capacidade desses músculos em controlar (por meio de sua ação excêntrica) a translação anterior da tíbia sob o fêmur (MARKOLF et al., 1995), gerando maior estresse ao LCA e, conseqüentemente, predispondo à sua lesão (MALINZAK et al., 2001; MYER et al., 2004).

Deste modo, a identificação de desequilíbrios neuromusculares parece fundamental para implementar condutas que atendam às populações em situação de alto risco às lesões do LCA e, neste sentido, alguns estudos (HEWETT et al., 1996; MANDELBAUM et al., 2005; MYER et al., 2006) sugerem que as intervenções que visam otimizar as respostas neuromusculares (especialmente a função excêntrica dos isquiotibiais) e a mecânica de possíveis movimentos incorretos (relacionados ao quadril e ao joelho) devem incorporar exercícios pliométricos e o uso de instruções específicas que enfoquem a técnica adequada de aterrissagem (HEWETT et al., 1996). Essa conduta possibilitaria a execução dos movimentos

sem aumentar excessivamente o estresse na articulação e, por conseqüência, sobre o LCA, consistindo em uma alternativa profilática para este tipo de lesão (HEWETT et al., 1996).

Exercícios pliométricos geralmente envolvem movimentos de parada, partida e mudança de direção de forma explosiva, que podem ajudar no desenvolvimento da agilidade, além de otimizar a força, a potência, o desempenho atlético (VESCOVI et al., 2008) e a propriocepção geral (HEWETT et al., 1996; MILLER et al., 2006). Por essas razões, são apontados como uma importante ferramenta para o fortalecimento muscular e para a melhora do desempenho funcional (CHIMERA et al., 2004; CHMIELEWSKI et al., 2006). Além disso, alguns estudos sugerem que um regime de treinamento pliométrico pode influenciar positivamente a aprendizagem motora do alinhamento dinâmico adequado do membro inferior, reduzindo um fator de risco para a lesão do LCA (HÄKKINEN, 1994; HEWETT et al., 1996; MANDELBAUM et al., 2005; MYER et al., 2006). Porém, há poucos estudos que tenham avaliado os reais efeitos desse treinamento na força muscular (HEWETT et al., 1996; LEPHART et al., 2005), no desempenho funcional (CHIMERA et al., 2004; MILLER et al., 2006) e no alinhamento dinâmico do membro inferior (HEWETT et al., 1996; MYER et al., 2006; POLLARD et al., 2006) em mulheres saudáveis. Um treinamento que propicie aumento da força muscular e do desempenho funcional e, concomitantemente, possibilite uma melhora do alinhamento dinâmico do membro inferior, auxiliando na prevenção de lesões, poderia ser melhor aceito tanto por treinadores quanto por atletas.

Considerando que a cinemática do quadril apresenta influência sobre as forças atuantes no joelho (POWERS, 2010), a diferença entre gêneros na função da musculatura do quadril poderia explicar parcialmente a maior ocorrência de lesão do LCA entre atletas do gênero feminino. Deste modo, parece importante avaliar a influência do treinamento pliométrico na cinemática do quadril durante tarefas dinâmicas. Tal investigação só foi previamente realizada por dois estudos (MYER et al., 2006; POLLARD et al., 2006), que em conjunto revelaram efeitos positivos dessa intervenção sobre os componentes proximais do valgo dinâmico do joelho, reduzindo (de forma direta ou indireta) a magnitude desse movimento após a realização do treinamento neuromuscular. Entretanto, os autores destacam que a causa para esses resultados ainda não é completamente compreendida.

Diante do exposto, pergunta-se: se o treinamento pliométrico for capaz de promover alterações no alinhamento dinâmico do membro inferior que reduzam os riscos para as lesões do LCA, tal fato ocorreria em consequência a uma melhora na função dos músculos relacionados ao quadril, ao joelho ou a ambos os complexos articulares do membro inferior? Note-se que, embora a atuação efetiva dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril esteja associada à diminuição do valgo dinâmico do joelho, contribuindo para uma melhora do alinhamento articular (POWERS, 2010), e que tenha sido sugerido que a fraqueza desses músculos esteja diretamente envolvida em um maior risco para a lesão do LCA (POWERS, 2010), nenhum estudo investigou os efeitos específicos do treinamento pliométrico sobre a ação excêntrica dessa musculatura, suas repercussões sobre o alinhamento dinâmico do quadril e do joelho, bem como sobre o desempenho funcional em mulheres.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos do treinamento pliométrico na cinemática do quadril e do joelho nos planos frontal e transversal durante o agachamento unipodal, no torque excêntrico do quadril e do joelho e no desempenho funcional do membro inferior em mulheres saudáveis. Hipotetiza-se que, quando comparado com o grupo controle, as mulheres treinadas melhorem o alinhamento dos membros inferiores (diminuição da excursão em adução e rotação medial do quadril, bem como da abdução do joelho), aumentem o torque excêntrico do quadril e do joelho e melhorem o seu desempenho funcional.

MÉTODOS

Abordagem experimental para o problema

Trata-se de um estudo piloto controlado não-randomizado. As mulheres foram divididas igualmente em dois grupos: 1) Grupo treinamento (GT), que realizou o treinamento pliométrico e 2) Grupo controle (GC), que não realizou qualquer treinamento físico. Devido a problemas logísticos, não foi possível realizar a randomização das voluntárias nos grupos (a primeira metade das voluntárias elegíveis foram alocados no GT, enquanto a próxima metade foi alocada no GC). Isto ocorreu porque o setor reservado para o treinamento das voluntárias não estava

disponível durante todo o período de tempo necessário para concluir o experimento. Assim, as primeiras voluntárias elegíveis foram alocadas para o GT e o treinamento foi iniciado imediatamente. As voluntárias do GT completaram 8 semanas de treinamento, conforme descrito abaixo, enquanto as voluntárias do GC foram instruídas a manter suas atividades regulares e evitar qualquer atividade física extenuante durante o estudo. Antes e após o período de oito semanas de intervenção, as voluntárias completaram uma avaliação cinemática, isocinética e funcional dos membros inferiores. Somente um experiente fisioterapeuta, não-cego, realizou todas as avaliações nos dois grupos.

Sujeitos

Trinta e seis atletas recreacionais saudáveis do gênero feminino, com idade entre 18 e 26 anos, foram selecionadas para participar do estudo. Uma atleta recreacional foi definida como qualquer uma que participasse de atividade aeróbica ou atlética pelo menos três vezes por semana (HEINERT et al., 2008). As voluntárias foram alocadas em um dos dois grupos: Grupo treinamento (GT, $n=18$), e Grupo controle (GC, $n=18$). Os grupos não diferiram significativamente ($p > 0,05$) em qualquer uma das variáveis demográficas analisadas (Tabela 1).

TABELA 1. Perfil antropométrico e demográfico dos sujeitos

	GT ($n=18$)	GC ($n=18$)	p -valor
Idade (anos)	20,11 ± 1,68	20,17 ± 1,54	0,92
Massa (kg)	56,87 ± 11,48	58,97 ± 8,70	0,54
Altura (m)	1,62 ± 0,06	1,62 ± 0,07	0,98
Índice de massa corporal (kg/m ²)	21,62 ± 3,40	22,50 ± 2,85	0,41
Atividade física/semana (minutos)	251,39 ± 168,43	222,50 ± 95,37	0,53

GT = Grupo treinamento; GC = Grupo controle

Qualquer voluntária com lesão atual ou cirurgia prévia no membro inferior, ou que apresentasse condição cardiovascular, pulmonar, neurológica ou sistêmica que limitasse a atividade física, foi excluída do estudo (BALDON et al., 2012). Todos os procedimentos experimentais e riscos potenciais foram completamente explicados às voluntárias antes de qualquer teste, e todas leram e assinaram um termo de

consentimento informado (de acordo com a Declaração de Helsinque) – APÊNDICE II, previamente às avaliações. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para Pesquisa em Seres Humanos local (Processo nº 450/2009) – ANEXO IV.

Procedimentos

Análise cinemática

A avaliação cinemática do membro inferior dominante (determinado perguntando à voluntária qual perna ela usaria para chutar uma bola na máxima distância possível) foi realizada durante o agachamento unipodal, da mesma forma ao realizado em um estudo prévio (BALDON et al., 2012). Os movimentos foram registrados por meio de quatro câmeras digitais (Panasonic NV–GS180, Matsushita Group, Japão), ajustadas a uma frequência de aquisição de 60 Hz e posicionadas de forma ideal para que pudessem registrar todos os marcadores. As câmeras estavam localizadas em frente (câmeras 1 e 2) e póstero-lateralmente (câmeras 3 e 4) aos sujeitos. As câmeras frontais apresentavam uma angulação de 60° entre elas, enquanto as câmeras 3 e 4 estavam anguladas a 60° em relação aos sujeitos (120° de angulação uma em relação a outra).

Para o procedimento de calibração, foi utilizado um objeto com dimensões conhecidas (1m x 1,8m x 0.8m), filmado na área onde as voluntárias iriam realizar a tarefa. Este objeto apresentava 24 pontos de controle com posições absolutas conhecidas em relação ao sistema de coordenadas cartesiano. O sistema de referência global foi então definido com este objeto devidamente calibrado, no qual o eixo Y estava orientado superiormente, o eixo X orientado anteriormente e o eixo Z orientado para a direita das participantes (WU & CAVANAGH, 1995). O erro experimental do estudo foi verificado por meio de um teste de acurácia específico (EHARA et al., 1997), que evidenciou uma acurácia do sistema de 2,8 mm.

Em cada avaliação, nove marcadores refletivos passivos (10 mm de diâmetro) foram posicionados pelo mesmo pesquisador nas seguintes superfícies anatômicas: (1 e 2) espinhas ilíacas ântero-superiores, (3) primeira vértebra sacral, (4) proeminência do trocânter maior do fêmur, (5 e 6) epicôndilos medial e lateral do fêmur, (7) cabeça da fíbula e (8 e 9) sobre os maléolos medial e lateral. Esta distribuição de marcadores foi necessária para determinar o alinhamento do quadril

e do joelho durante o agachamento unipodal. O sistema de coordenadas dos marcadores foi identificado digitalmente por meio do uso do *software* Dvideow (Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits) (FIGUEROA et al., 2003), que utiliza o método de transformação linear direta – DLT (*direct linear transformation*) para a representação tri-dimensional do movimento (ABDEL-AZIZ & KAHARA, 1971).

Para a execução do agachamento unipodal, as voluntárias foram instruídas a permanecer com o membro contralateral (não-dominante) sem apoio no solo, mantendo flexão do joelho de 90° (0= extensão completa) com o quadril próximo à posição neutra para a flexão-extensão, e com os membros superiores cruzados em frente ao tórax. Neste momento, foi realizado o registro digital da posição estática em apoio simples, a ser utilizado para determinar a posição de alinhamento anatômico do membro inferior. Esta medida estática foi utilizada como o alinhamento neutro de cada sujeito, com as medidas subseqüentes referindo-se a este posicionamento (BALDON et al., 2012).

As voluntárias foram orientadas a realizar o agachamento unipodal a partir dessa posição até atingir aproximadamente 75° de flexão do joelho, e então retornar à posição inicial. Um suporte de altura ajustável foi posicionado ao lado das voluntárias, sinalizando a distância (entre o solo e o marcador posicionado no trocânter maior do fêmur) necessária para atingir o ângulo de flexão do joelho pré-estabelecido (BALDON et al., 2012). O tempo de execução do agachamento unipodal foi padronizado em $2 \pm 0,3$ segundos, controlados por cronômetro digital. Cada sujeito completou 3 tentativas de familiarização com os procedimentos do teste e 5 tentativas aceitáveis para a análise dos dados. Se qualquer um dos requisitos para a avaliação não fosse satisfeito, a tentativa era invalidada e uma nova tentativa era então realizada. As médias dos valores cinemáticos obtidos nas 5 tentativas validadas foram utilizados para a análise estatística.

Após o registro tridimensional das coordenadas de cada marcador, os dados foram submetidos ao *software* Matlab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA). Inicialmente foi aplicado um filtro Butterworth passa-baixa de 4ª ordem, com atraso de fase zero e frequência de corte de 5 Hz (WINTER, 2005). Em seguida, o sistema de coordenada local da coxa e da perna foi definido e algoritmos foram criados para quantificar os ângulos articulares de interesse. Os ângulos do quadril e do joelho foram calculados utilizando a convenção matemática dos ângulos de Euler,

considerando o sistema de coordenadas do segmento distal em relação ao sistema de coordenadas do segmento proximal (GROOD & SUNTAY, 1983).

As variáveis cinemáticas analisadas foram a excursão máxima em abdução/adução do quadril, em rotação lateral/medial do quadril e em abdução/adução do joelho, bem como a excursão em abdução/adução do quadril, em rotação lateral/medial do quadril e em abdução/adução do joelho, quando considerado o ângulo específico de 75^a de flexão do joelho. Estas variáveis foram calculadas por meio da subtração dos ângulos do quadril e do joelho atingidos nessas condições daqueles registrados na posição anatômica em apoio simples. Por convenção, valores positivos representam as excursões em adução e rotação medial do quadril e em adução do joelho, enquanto valores negativos representam excursões em abdução e rotação lateral do quadril e em abdução do joelho.

O ângulo de flexão do joelho (75^o) foi escolhido tendo em vista que, em observações prévias realizadas a partir de estudos-piloto, foi identificada uma forte tendência de aumento dos movimentos em adução do quadril e em abdução do joelho com o aumento do ângulo de flexão do joelho durante o agachamento unipodal em mulheres. Assim, buscou-se uma forma de padronização da análise dos dados, avaliando os movimentos do quadril e do joelho de todas as voluntárias mediante uma mesma situação funcional, o que pode fornecer elementos adicionais à análise realizada apenas com base nos dados absolutos (excursões máximas).

Avaliação funcional

Previamente à avaliação funcional, cada voluntária completou um aquecimento submáximo de 5 minutos em uma esteira (Explorer Proaction, BH Fitness, Vitoria-Gasteiz, Espanha) a uma velocidade de 1,66 m/s, seguido de autoalongamento dos músculos da coxa. Em seguida, foram submetidas a um processo de familiarização composto por três tentativas de cada teste funcional, realizados em ordem aleatória (por sorteio) para que a influência de um teste sobre o outro fosse minimizada. A avaliação funcional foi realizada em um protocolo semelhante a outro estudo (BALDON et al., 2012). Para medir a distância no salto triplo unipodal (STU), uma fita métrica padrão foi fixada ao solo, perpendicular à linha de partida do teste, enquanto um cronômetro digital (Timex marathon, Timex Group USA Inc,

Middlebury, CT, USA) foi usado para medir o tempo de execução do salto unipodal em seis metros cronometrado (SUC).

Cada voluntária iniciou ambos os testes em apoio simples sobre o membro dominante, com o pé imediatamente atrás da linha de partida. Os membros superiores foram posicionados atrás do corpo para evitar qualquer contribuição de equilíbrio durante a atividade, aumentando a demanda funcional no membro inferior em consideração (BALDON et al., 2012). Para realizar o STU, as voluntárias foram instruídas a executar três saltos consecutivos máximos com o membro dominante, e manter o equilíbrio na última aterrissagem por pelo menos dois segundos antes de colocar o membro contralateral no solo (Figura 1). Para o SUC, as voluntárias foram instruídas a completar a distância definida (6 metros) realizando saltos consecutivos sobre o membro dominante o mais rápido possível e a cruzar a linha de chegada sem desacelerar em qualquer momento do teste.

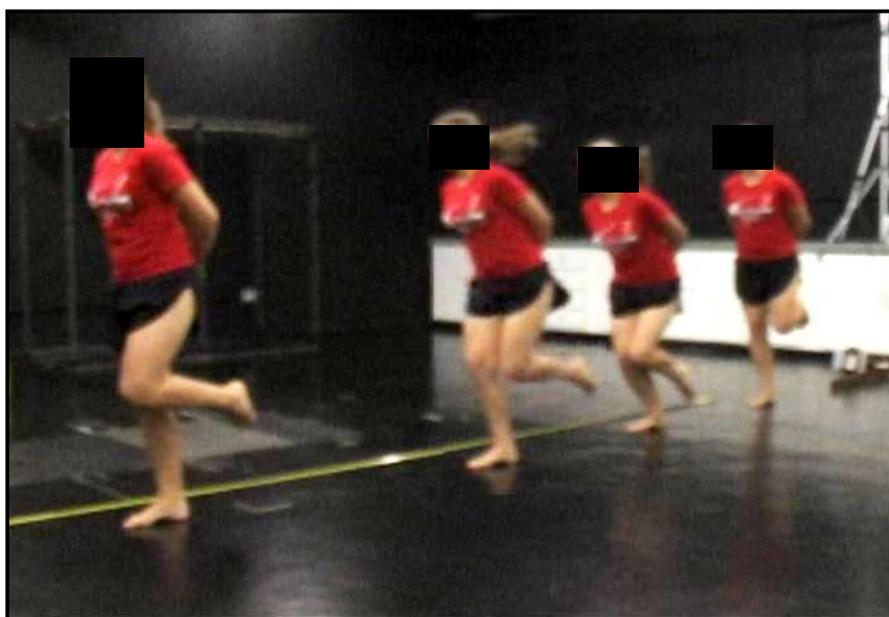


Figura 1 – Realização do salto triplo unipodal (STU)

Os testes foram repetidos quando as voluntárias usassem seus membros superiores ou membro inferior contralateral como uma estratégia de propulsão ou se houvesse perda de equilíbrio durante o teste. Três tentativas válidas de cada teste foram realizadas. A distância média alcançada durante o STU (m) e o tempo médio obtido no SUC (s) foram utilizados para as análises estatísticas. A confiabilidade

teste-reteste para ambos os testes foi verificada previamente pelos examinadores. Doze voluntárias foram testadas em duas ocasiões, separadas entre si por um intervalo de uma semana. Coeficientes de correlação intraclasse [ICC (3,1)] e os erros padrão de medida (SEM) foram de 0,92 (0,15 metros) para o STU e 0,86 (0,09 segundos) para o SUC.

Avaliação isocinética

As avaliações do torque excêntrico do quadril e do joelho foram realizadas utilizando um dinamômetro isocinético (Biodex Multi-Joint 2, Biodex Medical System Inc., New York, NY, EUA), de 48 a 96 horas após a avaliação funcional. A avaliação excêntrica foi escolhida porque os músculos enfatizados primariamente (quadríceps e isquiotibiais) e secundariamente (abdutores e rotadores laterais do quadril) durante o treinamento devem agir excentricamente para aumentar a flexão do joelho e do quadril e reduzir valgo dinâmico do joelho (respectivamente) após o contato com o solo, em um esforço para reduzir as forças de aterrissagem (HEWETT et al., 1996). Assim, supôs-se que uma avaliação da força excêntrica destes músculos poderia estar mais intimamente relacionada com a capacidade funcional dos membros inferiores das voluntárias.

O dinamômetro foi calibrado no início de cada dia de teste. Antes do teste, cada voluntária completou um procedimento de aquecimento semelhante ao descrito para a avaliação funcional, além de alongamento dos músculos relacionados ao quadril e ao joelho. Todas as avaliações isocinéticas foram realizadas utilizando o mesmo protocolo de um estudo prévio (BALDON et al., 2012) e conduzido em ordem aleatória (por sorteio).

Especificamente, os torques excêntricos abductor (ABQ) e adutor (ADQ) do quadril foram testados com as voluntárias em decúbito lateral (Figura 2). O membro dominante foi posicionado paralelo ao solo, com o quadril em posição neutra para flexão/extensão e para a rotação medial/lateral. O quadril e o joelho contra-laterais foram flexionados e fixados por cintos de contenção. A estabilização do tronco foi realizada utilizando uma cinta proximal à crista ilíaca. O eixo mecânico de rotação do dinamômetro foi alinhado com um ponto que representa a intersecção de duas linhas: a primeira dirigida inferiormente da espinha ilíaca pósterio-superior em direção ao joelho, e a outra dirigida posteriormente e medialmente do trocânter

maior do fêmur em direção à linha média do corpo. A plataforma de resistência foi acoplada à lateral da coxa a ser testada, 5 cm acima da base da patela. As voluntárias foram instruídas a não flexionar os seus joelhos durante o teste. A amplitude de movimento do teste foi de 0 (neutro) a 30 graus de abdução do quadril.



Figura 2 – Posicionamento da voluntária para a avaliação do torque excêntrico abductor e adutor do quadril.

Para o teste excêntrico dos músculos rotadores mediais (RM) e laterais (RL) do quadril, as voluntárias foram colocadas na posição sentada com os joelhos e quadris flexionados a 90 graus e com o quadril do membro a ser testado colocado a 10 graus de rotação medial (Figura 3). O eixo de rotação do dinamômetro foi, então, alinhado com o centro da patela (eixo longo do fêmur) e a plataforma de resistência foi acoplada 5 centímetros acima do maléolo lateral. Quatro cintos foram usados para estabilizar o tronco e os membros em teste, dois cruzando o tronco, um ao redor da pélvis e um na parte distal da coxa. A amplitude de movimento foi de 10 graus de rotação medial do quadril a 20 graus de rotação lateral do quadril. A velocidade angular em ambas as avaliações do quadril foi de 30°/seg. Embora seja conhecido que o fêmur se movimenta a velocidades superiores durante as tarefas

de aterrissagem de um salto (JACOBS & MATTACOLA, 2005), uma velocidade inferior de teste foi escolhida a fim de aumentar a fase isocinética do teste. Devido ao pequeno intervalo de movimento (30°) durante os testes excêntricos dos músculos do quadril, altas velocidades de teste isocinético poderiam diminuir o tempo da fase de isocinética e, conseqüentemente, subestimar a capacidade de produção de torque das voluntárias.



Figura 3 – Posicionamento da voluntária para a avaliação do torque excêntrico rotador medial e lateral do quadril.

Os torques excêntricos extensor (EJ) e flexor (FJ) do joelho foram testados com as voluntárias na posição sentada, com os joelhos e quadris flexionados a 90 graus e com o quadril em posição neutra para a adução/abdução e para a rotação medial/lateral (Figura 4). O eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur e a plataforma de resistência acoplada a 5 cm acima do maléolo lateral. A estabilização das voluntárias foi idêntica ao descrito acima. A

amplitude de movimento do teste foi de 90-20 graus de flexão do joelho (0= extensão completa) e a velocidade angular do teste foi de 60°/seg.



Figura 4 – Posicionamento da voluntária para a avaliação do torque excêntrico flexor e extensor do joelho.

Para o procedimento de familiarização, as voluntárias realizaram uma série de 5 contrações excêntricas recíprocas submáximas e uma série de 2 contrações excêntricas recíprocas máximas, com um intervalo de 1 minuto entre as séries. Após um intervalo adicional de 1 minuto, as voluntárias realizaram duas séries de 5 repetições máximas com um período de descanso de 3 minutos entre as séries. Estímulo verbal foi fornecido para incentivar as voluntárias a produzir o torque máximo. Para corrigir a influência da gravidade sobre os dados de torque gerados, o membro foi pesado antes de cada teste, de acordo com as instruções encontradas no manual do dinamômetro e, assim, os resultados do teste foram corrigidos

automaticamente pelo *software* de aquisição de dados. Nas análises estatísticas, utilizou-se o pico de torque isocinético normalizado pela massa corporal dos sujeitos (Nm/kg), que poderia ser da primeira ou da segunda série. A confiabilidade teste-reteste das medidas de torque excêntrico do quadril e do joelho foi avaliada pelos examinadores. Nove voluntárias foram testadas em duas ocasiões, as quais foram separadas entre si pelo período de uma semana. Coeficientes de correlação intraclassa [ICC (3,1)] e os erros padrão de medida (SEM) foram de 0,97 (0,07 Nm/kg) para abdução do quadril, 0,78 (0,16 Nm/kg) para adução de quadril, 0,87 (0,07 Nm/kg) para rotação lateral do quadril, 0,92 (0,11 Nm/kg) para rotação medial de quadril, 0,92 (0,14 Nm/kg) para a extensão do joelho, e 0,81 (0,07 Nm/kg) para a flexão do joelho.

Protocolo de treinamento

A intervenção começou após 4 dias da avaliação inicial (linha de base) isocinética. As voluntárias do GT realizaram o treinamento três vezes por semana, em dias alternados, por 8 semanas. Assim, o programa envolveu 24 sessões de treinamento para cada sujeito do grupo experimental, com duração média de 60 minutos/sessão.

Antes de cada sessão, cada voluntária completou um procedimento de aquecimento ativo semelhante ao descrito acima. Todas as sessões foram supervisionados por 2 experientes fisioterapeutas, não-cegos, envolvidos na pesquisa. Um deles era o mesmo que realizou todas as avaliações. No máximo, duas voluntárias foram supervisionados por cada fisioterapeuta/por sessão. As voluntárias do GT deveriam participar de pelo menos 19 das 24 sessões (80%), para inclusão na análise de dados.

O treinamento pliométrico (Tabela 2) foi composto por exercícios usados em ensaios clínicos prévios que visavam reduzir fatores de risco biomecânicos relacionados a lesão do LCA e para melhorar o desempenho funcional (HEWETT et al., 1996; MYER et al., 2006). O protocolo foi dividido em três fases: (1) Fase técnica, (2) Fase de fundamentos e (3) Fase de desempenho. A intensidade do exercício foi progredida adicionando complexidade aos movimentos e incorporando progressivamente os exercícios em apoio unipodal.

TABELA 2. Programa de treinamento pliométrico utilizado como intervenção (8 semanas)

Exercício	Duração (s) ou repetições
Fase I – Técnica (1-2 semanas)	
1. Saltos em frente à parede – <i>Wall jumps</i>	20 s
2. Posição atlética (5 s)	5 rep.
3. Saltos com agachamento (60° de flexão do joelho) – <i>Squat jumps</i>	15 s
4. Saltos com agachamento em tesoura – <i>Lunge jump</i>	15 s
5. Salto horizontal + posição atlética (5 s)	8 rep.
6. Saltos com giro de 180°	20 s
7. Saltos ântero-posteriores sobre a linha	20 s
8. Saltos sobre barreiras (3)	8 rep.
9. Saltos látero-laterais sobre a linha	20 s
10. Salto lateral sobre a linha + salto vertical	8 rep.
11. Aterrissagem da plataforma - <i>drop landing</i> + posição atlética (5 s)	8 rep.
Fase II – Fundamentos (3-5 semanas)	
1. Posição atlética em apoio unipodal (5 s)	10 rep.
2. Saltos em frente à parede – <i>Wall jumps</i>	30 s
3. Saltos com agachamento (60° de flexão do joelho) – <i>Squat jumps</i>	2 X 15 s
4. Salto triplo horizontal + salto vertical	6 rep.
5. Saltos com giro de 180°	15 s
6. Saltos com agachamento em tesoura – <i>Lunge jump</i>	15 s
7. Salto sobre barreira + salto para cima da plataforma	6 rep.
8. Saltos látero-laterais sobre a barreira	2 X 15 s
9. Saltos ântero-posteriores sobre a barreira	2 X 15 s
10. Aterrissagem anterior da plataforma - <i>drop jump</i> + salto vertical máximo	6 rep.
11. Aterrissagem lateral da plataforma - <i>drop jump</i> + salto vertical máximo	6 rep.
12. Salto vertical unipodal + posição atlética em apoio unipodal (5 s)	6 rep.
Fase III – Desempenho (6-8 semanas)	
1. Posição atlética em apoio unipodal (5 s)	10 rep.
2. Saltos com flexão de quadril - <i>Tuck jumps</i>	15 s
3. Saltos horizontais com giro de 180°	20 s
4. Saltos com agachamento em tesoura - <i>Lunge jumps</i> - com rotação de tronco	20 s
5. Salto horizontal máximo + salto vertical máximo	6 rep.
6. Saltos unipodais ântero-posteriores sobre a linha	15 s
7. Saltos unipodais látero-laterais sobre a linha	15 s
8. Salto horizontal unipodal + posição atlética em apoio unipodal (5 s)	4 rep.
9. Aterrissagem lateral da plataforma + salto vertical máximo + salto horizontal máximo	6 rep.
10. Salto unipodal horizontal sobre barreiras (3) + salto unipodal para cima da plataforma	4 rep.
11. Salto unipodal lateral (2) e medial (2) sobre barreira (2) + salto unipodal p/ cima da plataforma	8 rep.
12. Aterrissagem da plataforma em apoio unipodal + salto vertical unipodal	4 rep.

Os principais objetivos da primeira fase do treinamento (1-2 semanas) foram otimizar o controle motor e promover a aprendizagem da técnica de salto adequada. Quatro elementos básicos foram encorajados por meio de atividades que envolviam saltos mais simples: 1) postura correta e alinhamento corporal adequado (sem desenvolver valgo excessivo de joelho, adução excessiva de quadril, queda pélvica ou inclinação do tronco) durante todas as fases do salto; 2) saltos realizados sem deslocamento lateral ou ântero-posterior; 3) aterrissagens suaves, caracterizadas pelo rolamento do antepé para o calcanhar e 4) preparação instantânea para o próximo salto.

Nesta fase, o conceito de posição atlética foi introduzido para as voluntárias. (Figura 5). A posição atlética corresponde a uma posição ortostática, funcionalmente estável, com os pés alinhados na largura dos ombros, tríplice flexão de membros inferiores, ombros voltados para trás, olhar dirigido para o horizonte e descarga de peso simétrica, com o centro de massa equilibrado entre os pés (MYER et al., 2004), preconizada para que o salto seja realizado de uma forma mais segura, com menor sobrecarga articular no membro inferior. As voluntárias realizaram séries de 8-10 repetições ou sustentadas por 15-20 segundos, dependendo do exercício (Tabela 2). Nesta fase, todos os exercícios eram realizados em apoio bipodal.

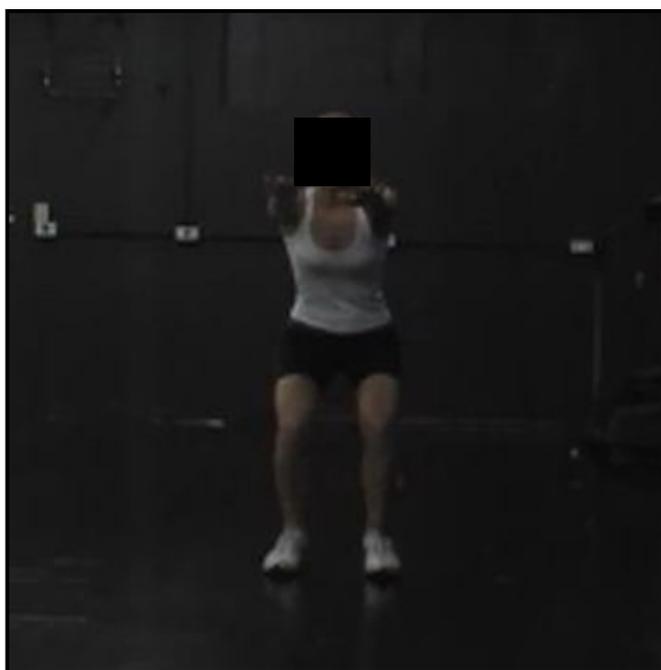


Figura 5 – Manutenção da posição atlética por 5 segundos

O principal objetivo da segunda fase (3-5 semanas) consistia na elaboração de uma base de força, potência e agilidade, visando o aumento da resistência muscular para a fase seguinte, aumentando a dificuldade dos exercícios e a sua duração. As voluntárias realizaram séries de 6-10 repetições ou sustentadas por 15-30 segundos, dependendo do exercício (Tabela 2). Nesta fase, exercícios de aterrissagem unipodal foram introduzidos às voluntárias, visto que estes são considerados mais próximos dos mecanismos envolvidos na maioria dos gestos esportivos (Figura 6).

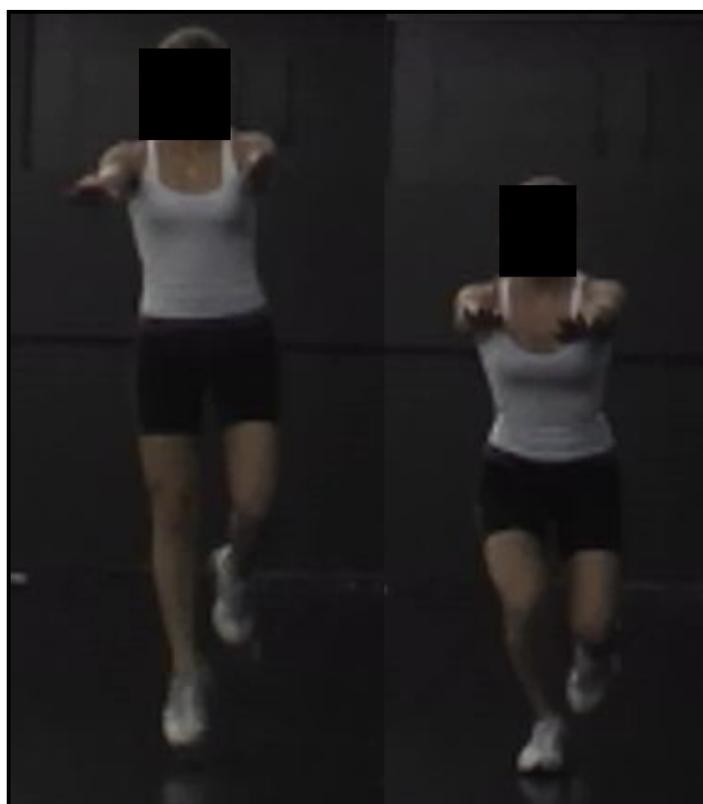


Figura 6 – Salto vertical unipodal + manutenção da posição atlética em apoio unipodal por 5 segundos

Finalmente, o objetivo principal da terceira fase (6-8 semanas) era estimular o desempenho máximo das voluntárias durante os exercícios. As voluntárias realizavam séries de 4-10 repetições ou sustentadas por 15-20 segundos, dependendo do exercício (Tabela 2). Foram enfatizadas a altura máxima nos saltos verticais, a distância máxima nos saltos horizontais e a agilidade máxima nos

exercícios por tempo, exigindo das voluntárias o máximo de esforço e potência, bem como de agilidade nas mudanças de direção, com reações rápidas (Figura 7).



Figura 7 – Saltos com flexão de quadril (*tuck jump*) em vista lateral e anterior

Antes, durante e/ou depois de cada exercício, as voluntárias receberam *feedback* verbal em relação ao desempenho técnico de seus saltos e movimentos de mudança de direção. Especificamente, foram orientadas a realizar saltos sem gerar excursão em valgo dos joelhos, mantendo o controle sobre o alinhamento de tronco e da pelve, com foco na melhoria da eficiência e da potência do salto (especialmente na terceira fase). Durante o desempenho em manobras de mudança de direção repentinas, foram instruídas novamente a diminuir o movimento em valgo dos joelhos, manter o alinhamento adequado do tronco e membro inferior, bem como tentar melhorar a velocidade e a eficiência da técnica. Entre cada exercício realizado, era permitido o tempo de um a dois minutos para recuperação e preparação para a próxima etapa do treino.

Análise estatística

A análise estatística foi conduzida utilizando o software Statistica (versão 7.0, StatSoft Inc, Tulsa, OK, EUA). Os dados foram analisados com relação à sua distribuição estatística e homogeneidade de variância usando os testes W de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente. Testes t-Student para amostras independentes foram utilizados para verificar diferenças nas características demográficas de linha de base entre os grupos.

A excursão em adução e rotação medial do quadril, em abdução do joelho, a distância no STU, o tempo decorrido no SUC, o torque excêntrico abductor, adutor, rotador medial e rotador lateral do quadril/massa corporal, bem como o torque excêntrico flexor e extensor do joelho/massa corporal, foram consideradas variáveis dependentes. O TEMPO e o GRUPO foram tratados como variáveis independentes, sendo o TEMPO considerado uma medida repetida com dois níveis (linha de base e após 8 semanas), e o GRUPO com dois níveis (GT e GC). Os efeitos do treinamento sobre as variáveis dependentes foram avaliados por meio de uma análise de variância com dois fatores (GRUPO X TEMPO) – ANOVA TWO-WAY. Quando foram encontrados efeitos ou interações significativas, uma comparação entre pares foi realizada por meio do teste de comparação múltipla de Tukey, para localizar diferenças significativas específicas entre os grupos. Um nível de significância de 5% foi utilizado para todos os testes estatísticos.

Uma análise retrospectiva de poder de teste foi realizada para detectar as diferenças mínimas nas variáveis entre os grupos, considerando-se $\alpha = 0,05$ e $\beta = 0,20$. Esta análise revelou que a ANOVA utilizada tinha de baixo a bom nível de poder (valores que variam 0,05-0,99) para detectar diferenças entre o pré e pós-treinamento (GT) e de baixo a médio nível de poder (valores que variam 0,03-0,41) para detectar diferenças entre a linha de base e após oito semanas (GC). Este fato indica que, na maioria dos casos, um número maior de indivíduos por grupo (n valores que variam de 18-156.979) seria necessário para detectar diferenças mínimas entre os grupos.

RESULTADOS

Nenhuma diferença foi observada entre os grupos para a idade, altura, massa corporal, índice de massa corporal e quantidade de atividade física por semana (Tabela 1), bem como em relação às variáveis de alinhamento anatômico do membro inferior (Tabela 3) - ($p>0,05$). Todas as mulheres do GT alcançaram a exigência mínima de cumprir 19 das 24 sessões previstas, com uma frequência média de 82% de sessões realizadas.

TABELA 3. Medidas cinemáticas do quadril e do joelho dos sujeitos na posição anatômica

	GT ($n=18$)	GC ($n=18$)	p -valor
Adução (+)/ abdução (-) do joelho ($^{\circ}$)	$-4,21 \pm 3,30$	$-3,42 \pm 3,69$	0,50
Adução (+)/ abdução (-) do quadril ($^{\circ}$)	$6,72 \pm 3,57$	$7,45 \pm 2,55$	0,48
Rotação medial (+)/ lateral (-) do quadril ($^{\circ}$)	$-0,47 \pm 4,05$	$-0,05 \pm 6,68$	0,82

GT = Grupo treinamento; GC = Grupo controle

Os resultados da avaliação cinemática estão reportados na Tabela 4. Foi verificada interação GRUPO X TEMPO significativa para a excursão máxima em adução do quadril ($p=0,001$) e para a excursão em adução do quadril no ângulo de 75° de flexão do joelho ($p=0,01$). Além disso, alguns efeitos significativos foram observados. A excursão máxima em abdução do joelho do GT após a intervenção foi significativamente menor do que os valores pré-intervenção ($p=0,009$) e do que os valores de linha de base do GC ($p=0,01$). A excursão máxima em adução do quadril do GT após a intervenção foi significativamente menor do que os valores pré-intervenção ($p<0,001$) e do que os valores de linha de base ($p<0,001$) e após 8 semanas ($p<0,001$) do GC. A excursão em adução do quadril no ângulo de 75° de flexão do joelho do GT após a intervenção foi significativamente menor do que os valores pré-intervenção ($p=0,002$) e do que os valores de linha de base ($p=0,003$) e após 8 semanas ($p=0,005$) do GC. Para todas as variáveis cinemáticas, nenhuma diferença significativa entre os grupos foi observada em relação aos valores de linha de base ($p>0,05$), ou entre os valores de linha de base e após 8 semanas, para o GC ($p>0,05$).

TABELA 4. Medidas cinemáticas do quadril e do joelho durante o agachamento unipodal nos períodos pré-treinamento (linha de base - GC) e pós-treinamento (após 8 semanas - GC)

	Período	GT (n=18)	GC (n=18)
Excursão máxima em adução (+)/ abdução (-) do joelho (°)	Linha de base	-9,12 ± 2,77	-8,96 ± 3,77
	8 semanas	-5,41 ± 2,72 ^a	-8,11 ± 4,09
	Cohen's <i>d</i>	1,25	0,26
Excursão máxima em adução (+)/ abdução (-) do quadril (°)	Linha de base	9,97 ± 2,13	10,14 ± 2,32
	8 semanas	5,61 ± 2,02 ^b	9,71 ± 3,12
	Cohen's <i>d</i>	1,84	0,18
Excursão máxima em rotação medial (+)/ lateral (-) do quadril (°)	Linha de base	15,57 ± 6,43	16,37 ± 8,14
	8 semanas	14,70 ± 9,18	15,68 ± 8,30
	Cohen's <i>d</i>	0,11	0,09
Excursão em adução (+)/ abdução (-) do joelho a 75° de flexão (°)	Linha de base	-4,31 ± 2,84	-4,92 ± 3,83
	8 semanas	-2,29 ± 2,82	-5,09 ± 4,10
	Cohen's <i>d</i>	0,47	0,04
Excursão em adução (+)/ abdução (-) do quadril a 75° de flexão (°)	Linha de base	7,18 ± 2,05	7,16 ± 2,67
	8 semanas	4,04 ± 1,85 ^b	7,01 ± 3,40
	Cohen's <i>d</i>	1,27	0,06
Excursão em rotação medial (+)/ lateral (-) do quadril a 75° de flexão (°)	Linha de base	13,04 ± 6,61	13,77 ± 8,69
	8 semanas	11,82 ± 9,44	13,18 ± 8,72
	Cohen's <i>d</i>	0,15	0,07

GT = grupo treinamento; GC = grupo controle

^aSignificativamente menor do que o GT – pré-treinamento e do que o GC – linha de base

^bSignificativamente menor do que o GT – pré-treinamento e do que o GC – linha de base e após 8 semanas

Os resultados da avaliação funcional e da avaliação de torque nos músculos do quadril e do joelho estão relatados na Tabela 5. Foram verificadas interações GRUPO X TEMPO significativas apenas para o desempenho no SUC ($p=0,02$), para o torque excêntrico abdutor do quadril/massa corporal ($p=0,04$) e para o torque excêntrico adutor do quadril/massa corporal ($p=0,04$). Além disso, alguns efeitos significativos foram observados. A distância atingida no STU foi significativamente maior no GT após a intervenção do que os valores pré-intervenção ($p=0,05$) e do que os valores de linha de base ($p=0,02$) e após 8 semanas ($p=0,05$) do GC. O tempo obtido no SUC foi significativamente menor no GT após a intervenção do que os valores pré-intervenção ($p<0,001$) e do que os valores de linha de base ($p<0,001$) e após 8 semanas ($p=0,003$) do GC. Para todas as variáveis isocinéticas e funcionais, nenhuma diferença significativa entre os grupos foi observada em relação aos valores de linha de base, ou entre os valores de linha e base e após 8 semanas, para o GC ($p>0,05$).

Além das diferenças entre pré e pós-treinamento (linha de base e após 8 semanas), os resultados incluem ainda as mudanças percentuais e os efeitos do tamanho para cada medida de desempenho, como resultado da intervenção (Tabela 5). Desses, destaca-se o aumento na distância atingida pelo GT no STU (12,6%, Cohen' $d=0,90$) e a diminuição do tempo obtido pelo GT no SUC (16,4%, Cohen' $d=1,52$), bem como o aumento no torque excêntrico abdutor do quadril/massa corporal do GT (19,1%, Cohen' $d=0,86$).

TABELA 5. Medidas de desempenho funcional e isocinético pré-treinamento (linha de base - GC) e pós-treinamento (após 8 semanas - GC)^a

	Período	GT (n=18)	GC (n=18)
Salto triplo unipodal	Linha de base	3,42 ± 0,52	3,37 ± 0,43
	8 semanas	3,85 ± 0,48 ^b	3,43 ± 0,51
	Cohen's <i>d</i> (% dif.)	0,90 (12,6)	0,13 (1,8)
Salto cronometrado de 6 metros unipodal	Linha de base	2,38 ± 0,33	2,41 ± 0,23
	8 semanas	1,99 ± 0,29 ^c	2,32 ± 0,23
	Cohen's <i>d</i> (% dif.)	1,52 (-16,4)	0,35 (-3,7)
Torque excêntrico abductor do quadril	Linha de base	1,15 ± 0,24	1,31 ± 0,30
	8 semanas	1,37 ± 0,25	1,23 ± 0,27
	Cohen's <i>d</i> (% dif.)	0,86 (19,1)	0,31 (-6,1)
Torque excêntrico adutor do quadril	Linha de base	1,89 ± 0,20	1,92 ± 0,25
	8 semanas	2,00 ± 0,18	1,79 ± 0,25
	Cohen's <i>d</i> (% dif.)	0,51 (5,8)	0,6 (-6,8)
Torque excêntrico rotador lateral do quadril	Linha de base	0,84 ± 0,17	0,80 ± 0,18
	8 semanas	0,84 ± 0,17	0,87 ± 0,18
	Cohen's <i>d</i> (% dif.)	0 (0)	0,42 (8,7)
Torque excêntrico rotador medial do quadril	Linha de base	1,50 ± 0,28	1,47 ± 0,21
	8 semanas	1,58 ± 0,33	1,38 ± 0,18
	Cohen's <i>d</i> (% dif.)	0,31 (5,6)	0,35 (-5,5)
Torque excêntrico flexor do joelho	Linha de base	1,50 ± 0,21	1,42 ± 0,19
	8 semanas	1,47 ± 0,21	1,33 ± 0,16
	Cohen's <i>d</i> (% dif.)	0,15 (-2)	0,46 (-6,3)
Torque excêntrico extensor do joelho	Linha de base	3,39 ± 0,41	3,18 ± 0,47
	8 semanas	3,55 ± 0,59	3,13 ± 0,38
	Cohen's <i>d</i> (% dif.)	0,34 (4,7)	0,11 (-1,6)

GT = grupo treinamento; GC = grupo controle

^aDistância em metros; Tempo em segundos; Torque em Nm/Kg

^bSignificativamente menor do que o GT – pré-treinamento e do que o GC – linha de base

^cSignificativamente menor do que o GT – pré-treinamento e do que o GC – linha de base e após 8 semanas

DISCUSSÃO

A proposta deste estudo foi verificar os efeitos do treinamento pliométrico de oito semanas na cinemática do quadril e do joelho (nos planos frontal e transversal) durante o agachamento unipodal, bem como no torque excêntrico dos músculos do quadril e do joelho e no desempenho funcional do membro inferior em mulheres saudáveis. Diversos autores têm considerado esse tipo de intervenção como um importante componente para a prevenção de lesões do LCA em mulheres (FORD et al., 2003; MANDELBAUM et al., 2005; MYER et al., 2008). Entretanto, embora tenha sido sugerido que tanto a fraqueza dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril (POWERS, 2010; WILLY & DAVIES, 2011; BALDON et al., 2012) quanto as estratégias de controle neuro-muscular alteradas nessa população (CHAPPELL et al.; 2002; FORD et al., 2003; HEWETT et al., 2005; MYER et al., 2006; VESCOVI et al., 2008; POLLARD et al., 2010) possam prejudicar o alinhamento dinâmico do membro inferior e favorecer a ocorrência dessas lesões, até o momento não está bem estabelecido o real potencial dessa intervenção em reverter essas alterações, bem como os mecanismos envolvidos nesse contexto.

Uma das hipóteses inicialmente levantadas era de que o treinamento pliométrico repercutisse em uma melhora no torque excêntrico dos músculos do quadril e do joelho, o que poderia beneficiar o alinhamento dinâmico do membro inferior durante a realização de atividades funcionais. Entretanto, não foi evidenciado aumento significativo no torque desses músculos, após 8 semanas de intervenção. Tal achado encontra-se em concordância parcial com LEPHART et al. (2005), que não observaram aumento no torque isométrico do músculo glúteo médio (principal abductor do quadril) ao comparar os efeitos de dois programas de treinamento neuromuscular (pliométria X treinamento resistido) de 8 semanas em mulheres atletas. Entretanto, verificaram aumento da atividade eletromiográfica desse músculo previamente e durante a aterrissagem de um salto vertical, em ambos os grupos, concluindo que as duas formas de intervenção podem melhorar o padrão de ativação muscular do músculo glúteo médio e induzir alterações biomecânicas e neuromusculares favoráveis nessa população.

Na literatura consultada, não foram encontrados outros estudos que avaliassem a efetividade do treinamento pliométrico na força dos músculos do quadril, o que chama a atenção para a necessidade de pesquisas com esse propósito. Embora não significativo, menciona-se que no presente estudo houve um incremento da ordem de 19% no torque abdutor do quadril/massa corporal após a intervenção, representado por um grande efeito (Cohen's $d = 0,86$), enquanto no grupo controle houve uma redução do valor dessa relação. Este resultado, do ponto de vista clínico, parece merecer atenção, considerando o papel dessa musculatura no controle da adução excessiva do quadril (JACOBS et al., 2007) e, conseqüentemente, do valgo dinâmico do joelho em mulheres (FORD et al., 2003; JACOBS et al., 2007; BALDON et al., 2012). Entretanto, ressalta-se apenas a melhora clínica do torque abdutor do quadril não fornece suporte suficiente para afirmar a efetividade do treinamento no fortalecimento dessa musculatura.

Contudo, no presente estudo foi verificada a diminuição da excursão em adução do quadril e em abdução do joelho durante o agachamento unipodal, após a realização do treinamento pliométrico. Considerando que, de forma integrada, esses movimentos consistem em componentes proximais e locais (respectivamente) do valgo dinâmico do joelho (CHAPPELL et al., 2002; FORD et al., 2003; JACOBS et al., 2007; BALDON et al., 2012), tais achados corroboram e ampliam o conhecimento a respeito dos benefícios do treinamento pliométrico na cinemática do membro inferior (levando ao controle do valgo dinâmico do joelho), inicialmente apontados por outros estudos (CHAPPELL et al., 2002; CHIMERA et al., 2004; MYER et al., 2006; POLLARD et al., 2006; MYER et al., 2008).

Destaca-se que apenas dois trabalhos (MYER et al., 2006; POLLARD et al., 2006) se dedicaram à investigação dos efeitos do treinamento pliométrico sobre a cinemática dos componentes proximais do valgo dinâmico do joelho. Comparativamente a esses estudos, nossos resultados concordam os de MYER et al. (2006), que verificaram diminuição da excursão em adução do quadril em mulheres atletas durante a aterrissagem do *drop vertical jump* e diminuição da abdução do joelho durante a realização do *drop medial landing*, após a realização de um treinamento pliométrico de 7 semanas, de característica similar ao utilizado pelo presente estudo. Contudo, concordam parcialmente com os achados de POLLARD

et al. (2006), que verificaram aumento da excursão em abdução e diminuição da excursão em rotação medial do quadril em jovens atletas durante a tarefa de aterrissagem de um salto, mas não constataram redução significativa da excursão em valgo do joelho, após uma intervenção neuromuscular abrangente, incluindo exercícios pliométricos, de flexibilidade, de fortalecimento muscular e de agilidade.

Diferenças metodológicas em relação ao perfil da amostra utilizada, ao tipo de treinamento realizado e à tarefa funcional analisada devem ser consideradas na explicação dos resultados divergentes entre esses estudos. Dessas, a tarefa utilizada para a avaliação cinemática merece destaque. POLLARD et al (2006) sugeriram que as atletas não apresentaram redução da excursão em valgo do joelho em virtude da simplicidade envolvida na tarefa de aterrissagem de um salto em apoio bipodal, indicando que a aterrissagem em apoio simples poderia revelar, de forma mais aparente, as alterações cinemáticas decorrentes do treinamento. No presente estudo, embora tenha sido utilizada uma tarefa de agachamento (teoricamente de menor demanda do que a aterrissagem de um salto), a mesma era realizada em apoio simples. Segundo os autores acima citados, uma tarefa com essa característica é mais indicada para a avaliação cinemática do membro inferior, uma vez que aumenta a demanda funcional sobre ele.

Neste sentido, sugere-se que o treinamento proposto, ao reduzir o movimento em abdução do joelho e em adução do quadril durante o agachamento unipodal, contemple um dos principais objetivos preconizados para a prevenção de lesões do LCA – a redução do movimento em valgo do joelho durante a realização de atividades funcionais e/ou esportivas (HEWETT et al., 2005; MYER et al., 2006). Considerando que não houve alteração significativa nas medidas de torque dos músculos do quadril avaliados (responsáveis por um melhor alinhamento dinâmico do membro inferior), uma possível explicação para esses resultados pode ser fundamentada nos aspectos pedagógicos envolvidos no treinamento pliométrico utilizado, o qual incentivou o alinhamento corporal correto durante o gesto esportivo, desde a sua fase inicial (e especialmente nela). As voluntárias foram instruídas a manter o alinhamento da pelve, do quadril e dos joelhos no plano frontal, em todos os exercícios realizados. Assim, aplicavam o *feedback* recebido na execução dos exercícios subseqüentes, realizando ajustes em suas habilidades motoras (WILLY &

DAVIES, 2011). Uma vez que as mulheres (comparativamente aos homens) apresentam maior dependência da musculatura abduutora do quadril para controlar os movimentos de queda da pelve (DIERKS et al., 2008) e de adução do quadril (JACOBS et al., 2007) no plano frontal, hipotetiza-se que a função excêntrica dessa musculatura tenha sido amplamente estimulada ao longo da intervenção, a ponto de repercutir em alterações positivas na cinemática do quadril e do joelho durante o agachamento unipodal, ainda que não tenha sido observado melhora significativa no torque dos músculos do quadril.

Deste modo, sugere-se que as instruções verbais para a correção de gestos motores inadequados parecem efetivas para alterar a biomecânica da aterrissagem, apesar de não apresentarem foco no fortalecimento muscular, o que já foi previamente indicado por outros estudos, que revelaram aumento do pico do ângulo de flexão do joelho (OÑATE et al., 2005) e redução das forças de reação do solo (PRAPAVESSIS & McNAIR, 1999; McNAIR et al., 2000; OÑATE et al., 2005) durante a realização desse movimento. Além disso, MIZNER et al. (2008) verificaram que o treinamento resistido associado às instruções corretivas de aterrissagem por *feedback* verbal resultou em redução dos momentos externos e das excursões em abdução do joelho, bem como em diminuição da força de reação do solo durante o *drop landing*. Entretanto, um dos resultados mais interessantes desse estudo é que, notavelmente, a força muscular não apresentou correlação com as alterações biomecânicas observadas. Assim, os autores concluíram que os níveis de força muscular, de modo isolado, apresentam pouco impacto sobre a forma como as atletas aterrissam de um salto e que outros fatores neuromusculares parecem mais importantes em explicar as modificações ocorridas no padrão de aterrissagem, após a realização de instruções corretivas.

Dentre esses fatores, sugere-se que o inadequado recrutamento ou ativação muscular dos músculos do quadril, associado ao déficit de força dessa musculatura, possa ser co-responsável pelo posicionamento da extremidade inferior em um padrão de adução e rotação medial de quadril e de excessivo valgo dinâmico do joelho em mulheres atletas (HEWETT et al, 2005; PADUA et al., 2005; ZAZULAK et al., 2005; HEWETT et al., 2006) e que o aumento de força e ativação desses músculos (especialmente dos abdutores do quadril) possa auxiliar a proteger o LCA,

evitando o excessivo momento em abdução do joelho ou o chamado colapso em valgo (HEWETT et al., 2006). Ainda, supõe-se que a ativação muscular assimétrica entre os músculos abdutores e adutores do quadril, comumente observada em mulheres (HEWETT et al., 1996; FORD et al., 2003; McLEAN et al., 2004), possa explicar parcialmente os padrões de aterrissagem com posicionamento do joelho em valgo excessivo. Neste sentido, a correção dos déficits relacionados ao controle neuromuscular dessas estruturas parece importante para auxiliar a busca por posições de aterrissagem mais seguras e, conseqüentemente, para reduzir a incidência desproporcional de lesões do LCA em mulheres (HEWETT et al., 1996; MYER et al., 2004; PADUA et al., 2005; HEWETT et al., 2006).

Assim, ao observarmos uma diminuição na excursão em valgo do joelho e em adução do quadril durante o agachamento unipodal após o treinamento pliométrico, devemos considerar também a possibilidade de ocorrência de alterações de ordem neuromuscular, relacionadas ao nível de ativação e/ou ao tempo de ativação muscular, em associação às variações de torque observadas nos músculos abdutores do quadril, o que concordaria com outros estudos (CHIMERA et al., 2004; LEPHART et al., 2005), que observaram aumento na atividade eletromiográfica do músculo glúteo médio (LEPHART et al., 2005) e melhora da pré-ativação da musculatura adutora e abdução do quadril, bem como do mecanismo de co-contracção adutor-abdutor do quadril (CHIMERA et al., 2004) após a realização de um treinamento neuromuscular. Logicamente, em função da ausência de uma avaliação da ativação muscular por meio da eletromiografia, associada à avaliação cinemática, não podemos afirmar o quanto essas alterações de ordem neuromuscular participam dos resultados verificados no presente estudo. Entretanto, acreditamos que essa possibilidade não deva ser descartada.

O presente estudo verificou ainda que, em relação aos músculos que atuam localmente no joelho, o treinamento pliométrico de oito semanas não resultou em alterações significativas e/ou clínicas no torque flexor (-2%) e extensor (+5%) do joelho. Tal achado encontra-se em desacordo com outros estudos, uma vez que LEPHART et al. (2005) observaram melhora significativa no torque concêntrico extensor do joelho e no pico do ângulo de flexão do quadril e do joelho após 8 semanas de treinamento pliométrico em mulheres atletas e que, em tendência

oposta, HEWETT et al. (1996) reportaram aumento do torque flexor do joelho (da ordem de 20 a 44%) após a realização dessa intervenção, o que foi corroborado posteriormente por MYER et al. (2006), após a realização de um treinamento pliométrico de 7 semanas.

A divergência entre os resultados apresentados pode ser devido às diferenças nos protocolos de treinamento utilizados, tanto em relação a sua intensidade e/ou quanto a sua duração, ou ainda em relação à forma como a avaliação do torque foi realizada. Enquanto no presente estudo utilizou-se um protocolo de treinamento baseado exclusivamente em exercícios pliométricos, MYER et al. (2006) utilizaram um protocolo de treinamento pliométrico associado a exercícios resistidos, com ênfase no fortalecimento de isquiotibiais. Logo, é provável esperar o incremento do torque flexor do joelho como resultado desse estudo, visto que o fortalecimento seletivo dessa musculatura foi incentivado simultaneamente à intervenção pliométrica. Ainda, HEWETT et al. (1996) realizaram a avaliação isocinética dos atletas a uma velocidade angular de 360º/segundo. Esta velocidade apresenta maior aproximação àquelas tipicamente atingidas durante a maioria dos exercícios pliométricos e, pelo princípio da especificidade, é esperado que haja maior possibilidade em identificar incrementos de torque nesse espectro da velocidade do que naquele utilizado no presente estudo – 60º/segundo. Tal velocidade foi escolhida em função da natureza excêntrica da ação muscular a ser avaliada, que apresenta maior potencial em provocar microlesões à musculatura, sobretudo em elevadas velocidades. Além disso, trata-se da velocidade usualmente recomendada e empregada na prática clínica para avaliar a função da musculatura da coxa (WILKERSON et al., 2004).

Outro fator importante na explicação de nossos resultados é que o treinamento pliométrico utilizado exigiu o esforço máximo das voluntárias apenas a partir da 6ª semana de treinamento. Até este momento, a ênfase foi dada à técnica de execução dos exercícios (fase 1), bem como ao desenvolvimento de adaptações neuromusculares que fornecessem uma base de resistência e força (fase 2), preparatória à fase final da intervenção. Assim, é possível que o fato de o esforço máximo ter sido exigido apenas durante as três últimas semanas do treinamento (fase3) se relacione com a pequena variação observada na força muscular, após a

realização do treinamento, especialmente para os músculos isquiotibiais (únicos a sofrer redução do torque após a intervenção).

Além disso, destaca-se que, no presente estudo, as voluntárias foram encorajadas a corrigir suas aterrissagens através da otimização do mecanismo de flexão associada entre tronco, quadril e joelho, a fim de melhor absorver as forças de impacto sobre as articulações (CHAPPELL et al., 2002; LEPHART et al., 2005; POLLARD et al., 2010). As voluntárias foram orientadas a aterrissar do salto com maior flexão do tronco, o que aumenta a demanda sobre os músculos isquiotibiais para controlar a flexão excessiva do tronco e do quadril, por meio de uma ação excêntrica que gera aumento no torque extensor interno do quadril (POWERS, 2010). Da mesma forma, foram orientadas a realizar o movimento com aumento do ângulo de flexão do joelho, o que aumenta a demanda sobre o músculo quadríceps para controlar a excessiva flexão de joelho, por meio de uma ação excêntrica que gera um aumento no torque extensor interno do joelho. Considerando os nossos resultados, uma explicação possível é que os níveis de flexão do quadril e joelho atingidos não tenham gerado demanda suficiente para estimular adequadamente a função excêntrica dos isquiotibiais e do quadríceps, respectivamente.

Desta forma, sugere-se que apenas exercícios pliométricos de alta intensidade podem melhorar a estimulação neural a um nível que aumente significativamente a força muscular relacionada ao quadril e joelho. Devido ao elevado limiar de disparo das unidades motoras de fibras do tipo II, hipotetiza-se que só haveria um recrutamento preferencial dessas unidades em situações que exigem elevada demanda (DESCHENES, 1989). Assim, é possível que o treinamento utilizado neste estudo não tenha atingido um nível de esforço suficiente para estimular o desenvolvimento da força dos músculos do quadril e do joelho, e que alguns parâmetros devam ser revistos para alcançar resultados mais significativos.

Ainda que, nas condições experimentais utilizadas, fosse evidenciado aumento expressivo no torque dos músculos isquiotibiais, tal fato não garantiria o adequado controle sobre o alinhamento dinâmico do joelho, visto que o mesmo também depende de outras características neuromusculares, como o tempo de ativação e o nível de ativação muscular (HEWETT et al., 1996; MYER et al., 2004; PADUA et al., 2005; HEWETT et al., 2006; ZEBIS et al., 2008). ZEBIS et al. (2008)

sugerem que o aumento da ativação dos isquiotibiais (especialmente do músculo semitendinoso), após uma temporada de treinamento neuromuscular, tem potencial para reduzir o valgo dinâmico do joelho em atletas. Além disso, pode contrabalancear as forças de translação anterior da tíbia que imprimem maior estresse sobre o LCA e aumentam o risco de sua ruptura. Por fim, é importante ressaltar que o controle do alinhamento dinâmico do joelho passa ainda pela ação de componentes proximais, relacionados aos músculos do quadril, e que a interação entre os componentes locais e proximais é quem parece melhor determinar o resultado final no controle do alinhamento do membro inferior.

Melhorar a função muscular e o desempenho atlético parece requisito da maior importância para os profissionais envolvidos com o condicionamento de atletas. Neste sentido, o treinamento pliométrico proposto foi efetivo para a melhora do desempenho funcional (aumento da distância no STU e diminuição do tempo decorrido no SUC), corroborando outras descrições da literatura (HEWETT et al., 1996; MILLER et al., 2006; MYER et al., 2005; MYER et al., 2006). MYER et al. (2005) examinaram os efeitos de um programa de seis semanas de treinamento neuromuscular abrangente, composto por exercícios pliométricos, exercícios de fortalecimento do CORE e de equilíbrio, exercícios resistidos gerais e treino de agilidade nas medidas de desempenho do membro inferior em atletas, verificando aumento na medida atingida no salto simples em distância, na altura atingida no salto vertical e diminuição no tempo para percorrer a distância de 9 metros correndo, após o treinamento. Embora o mecanismo fisiológico exato para essa otimização da *performance* ainda seja teórico, as evidências direcionam-se a possíveis adaptações neurológicas e musculares que ocorrem em função do treinamento (DODD & ALVAR, 2007). Primeiramente, o treinamento pliométrico/ de alta velocidade é indicado como um reforço da programação motora, através do condicionamento neuromuscular e adaptação neural dos fusos musculares, órgãos tendinosos de Golgi e outros proprioceptores articulares (MILLER et al., 2006). Em seqüência, os exercícios pliométricos promovem a capacidade de usar a força máxima ao menor tempo possível, estimulando a mudança rápida da fase excêntrica para a fase concêntrica do movimento e permitindo que mais trabalho seja realizado em menos tempo (AAGAARD et al., 2002).

Entretanto, nossos resultados discordam de outros estudos (CHIMERA et al., 2004; MIZNER et al., 2008), que não verificaram benefícios do treinamento pliométrico para a melhora do desempenho no salto vertical. Contudo, para o estudo de MIZNER et al. (2008), o objetivo principal era avaliar a efetividade da intervenção em promover modificações na cinemática e na cinética da aterrissagem do salto em mulheres atletas. Os autores testaram, secundariamente, se essas alterações poderiam prejudicar o desempenho funcional no salto, concluindo que é possível alterar positivamente os padrões de aterrissagem de mulheres atletas, reduzindo os fatores de risco para a lesão do LCA, sem contudo proporcionar detrimento de sua *performance* no salto vertical. No presente estudo, a realização de um treinamento pliométrico de 8 semanas foi eficiente tanto para otimizar as medidas de *performance* quanto para promover mudanças no padrão de movimento feminino durante o agachamento unipodal. Assim, o uso deste tipo de intervenção pode potencialmente modificar as estratégias de movimento do atleta, reduzir os riscos para a lesão do LCA e ainda melhorar o desempenho funcional.

Os autores reconhecem que existem algumas limitações neste estudo. Primeiramente, as voluntárias não foram randomizadas entre os grupos e, embora isso possa introduzir viés ao estudo, os autores acreditam que este efeito tenha sido minimizado pelo fato de que não foi escolhido quais as voluntárias seriam alocadas em cada grupo. Além disso, não foram observadas diferenças entre os grupos nos valores de linha de base para qualquer uma das variáveis estudadas. A segunda limitação refere-se ao fato de que o avaliador não era cego à alocação das voluntárias nos grupos. Embora esse fato possa representar uma preocupação importante, nem sempre é prático ou possível utilizar esse procedimento em estudos com este tipo de desenho experimental. Além disso, acredita-se que o avaliador não era suscetível a afetar os resultados, visto que todas as avaliações realizadas eram de natureza objetiva. Ainda, outra limitação refere-se à atividade funcional utilizada para a avaliação cinemática, pois o agachamento unipodal pode ser considerado como uma tarefa de baixa demanda para a avaliação cinemática do membro inferior, quando comparada às atividades de salto e de mudança de direção. Entretanto, esta atividade foi escolhida em função das restrições do sistema de aquisição de imagem utilizado ($F=60\text{Hz}$), que não permitiam a avaliação

fidedigna de atividades executadas em maior velocidade. Além disso, conforme sugerido por POLLARD et al. (2006), tarefas em apoio simples são as mais indicadas para a avaliação cinemática e funcional do membro inferior e, dentro dessa proposta, acredita-se que a atividade utilizada tenha atingido esse objetivo. Finalmente, outra limitação deste estudo foi a ausência de uma avaliação eletromiográfica dos músculos do quadril e do joelho simultaneamente à avaliação cinemática. Segundo ZAZULAK et al. (2005), este tipo de avaliação poderia agregar informações aos dados cinemáticos, auxiliando na explicação de alguns de seus achados. Deste modo, recomenda-se a combinação dessas diferentes instrumentações em estudos futuros, a fim de que o real efeito das intervenções neuromusculares na ativação dos músculos do quadril e seus efeitos sobre a cinemática e a cinética do membro inferior de mulheres pode ser melhor compreendidas. Tais respostas parecem componentes essenciais na situação multifatorial envolvendo a ocorrência de lesões do LCA na mulher atleta.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

Este estudo demonstrou que a realização de um treinamento pliométrico de oito semanas pode melhorar a cinemática do quadril e do joelho (reduzindo a excursão em adução do quadril e em abdução do joelho - componentes do valgo dinâmico do joelho) em mulheres, sugerindo a sua incorporação em programas preventivos às lesões do LCA. Ainda, promoveu simultaneamente a otimização do desempenho funcional, o que reforça o seu uso nas estratégias de treinamento do atleta. Além disso, os dados do presente estudo fornecem evidências de que o programa de treinamento utilizado não é eficiente para aumentar o torque dos músculos relacionados ao quadril e ao joelho em mulheres. Para este último propósito, seria razoável intensificar o treinamento proposto ou associá-lo a um treinamento de resistência (em um programa de condicionamento global para os atletas), buscando atingir um maior nível de esforço físico do membro inferior e do desempenho atlético geral.

AGRADECIMENTOS

Este projeto foi apoiado financeiramente pelo PIBIC/CNPq/UFSCar, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Processos nº 2010/00365-0, nº 2010/00364-4, nº 2010/07758-8 e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Além disso, não há qualquer relação financeira ou comercial que possa levar a um conflito de interesse. Endereço para correspondência: Dr. Fabio V Serrao, fserrao@ufscar.br

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **J Appl Physiol.** 93: 1318–1326, 2002.

ABDEL-AZIZ, Y.L.; KAHARA, H.M. **Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates.** Symposium on close-range photogrammetry. Falls Church, Va: American Society of Photogrammetry; 1971. p. 1–18.

ARENDDT, E.A.; DICK, R. Knee injuries patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. **Am J Sports Med.** 23: 694-701, 1995.

BALDON, R.M.; LOBATO, D.F.M.; CARVALHO, L.P.; WUN, P.Y.L.; SANTIAGO, P.R.P.; SERRÃO, F.V. Effect of functional stabilization training on lower limb biomechanics in women. **Med Sci Sports Exerc.** 44(1): 135-145, 2012.

CHAPPELL, J.D.; YU, B.; KIRKENDALL, D.T.; GARRETT, W.E. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. **Am J Sports Med.** 30(2): 261-267, 2002.

CHIMERA, N.J.; SWANIK, K.A.; SWANIK, C.B.; STRAUB, S.J. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. **J Athl Train.** 39(1): 24-31, 2004.

DESCHENES, M. Short review: rate coding and motor unit recruitment patterns. **J Appl Sports Sci Res.** 3: 33-39, 1989.

DIERKS, T.A.; MANAL, K.T.; HAMILL, J.; DAVIS, I.S. Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. **J Orthop Sports Phys Ther.** 38(8): 448-456, 2008.

DODD, D.J.; ALVAR, B.A. Analysis of acute explosive training modalities to improve lower-body power in baseball players. **J Strength Cond Res.** 21(4): 1177-1182, 2007.

EHARA, Y.; FUJIMOTO, H.; MIYAZAKI, S.; MOCHIMARU, M.; TANAKA, S.; YAMAMOTO, S. Comparison of the performance of 3D camera systems II. **Gait & Posture** 5: 251-255, 1997.

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.** 72(2): 155-165, 2003.

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.** 23(4): 1327-1331, 2009.

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.** 35: 1745-1750, 2003.

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

HÄKKINEN, K. Neuromuscular fatigue in males and females during strenuous heavy resistance loading. **Electromyogr Clin Neurophysiol.** 34(4): 205-214, 1994.

HEINERT, B.L.; KERNOZEK, T.W.; GREANY, J.F.; FATER, D.C.J. Hip abductor weakness and lower extremity kinematics during running. **J Sport Rehabil.** 7(3): 243-256, 2008.

HEWETT, T.E.; MYER, G.D.; FORD, K.R.; HEIDT, R.S.; COLOISMO, A.J.; MCLEAN, S.G. 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.** 33(4): 492-500, 2005.

HEWETT, T.E.; STROUPE, A.L.; NANCE, T.A.; NOYES, F.R. Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. **Am J Sports Med.** 24(6): 765-772, 1996.

JACOBS, C.A.; MATTACOLA, C.G. Sex differences in eccentric hip-abductor strength and knee-joint kinematics when landing from a jump. **J Sport Rehabil.** 14(4): 346-355, 2005.

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.** 42(1): 76–83, 2007.

KIPP, K.; McLEAN, S.G.; PALMIERI-SMITH, R.M. Patterns of hip flexion motion predict frontal and transverse plane knee torques during a single-leg land-and-cut maneuver. **Clin Biomech.** 26: 504–508, 2011.

LEPHART, S.M.; ABT, J.P.; FERRIS, C.M.; SELL, T.C.; NAGAI, T.; MYERS, J.B. et al. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. **Br J Sports Med.** 39: 932–938, 2005.

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.** 16:438–445, 2001.

MANDELBAUM, B.R.; SILVERS, H.J.; WATANABE, D.S.; KNARR, J.F.; THOMAS, S.D.; GRIFFIN, L.Y. et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes – 2-year follow-up. **Am J Sports Med.** 33(7): 1003-1010, 2005.

MARKOLF, K.L.; BURCHFIELD, D.M.; SHAPIRO, M.M.; SHEPARD, M.F.; FINERMAN, G.A.; SLAUTERBECK, J.L. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. **J Orthop Res.** 13: 930-935, 1995.

McNAIR, P.J.; PRAPAVESSIS, H.; CALLENDER, K. Decreasing landing forces: effect of instruction. **Br J Sports Med.** 34:293–6, 2000.

MILLER, M.G.; HERNIMAN, J.J.; RICARD, M.D.; CHEATHAM, C.C.; MICHAEL, T.J. The effects of a 6-week plyometric training program on agility. **J Sports Sci Med.** 5: 459-465, 2006.

MIZNER, R.L.; KAWAGUCHI, J.K.; CHMIELEWSKI, T.L. Muscle strength in the lower extremity does not predict postinstruction improvements in the landing patterns of female athletes. **J Orthop Sports Phys Ther.** 38:353–61, 2008.

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.** 39(4): 352-364, 2004.

MYER, G.D.; FORD, K.R.; PALUMBO, J.P.; HEWETT, T.E. Neuromuscular training improves performance and lower extremity biomechanics in female athletes. **J Strength Cond Res.** 19:51–60, 2005.

MYER, G.D.; FORD, K.R.; BRENT, J.L.; HEWETT, T.E. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. **Am J Sports Med.** 34(3): 445-455, 2006.

MYER, G.D.; BRENT, J.L.; FORD, K.R.; HEWETT, T.E. A pilot study to determine the effect of trunk and hip focused neuromuscular training on hip and knee isokinetic strength. **Br J Sports Med.** 42(7): 614-619, 2008.

OÑATE, J.A.; GUSKIEWICZ, K.M.; MARSHALL, S.W.; GIULIANI, C.; YU, B.; GARRETT, W.E. Instruction of jump-landing technique using videotape feedback. **Am J Sports Med.** 33: 831–42, 2005.

POLLARD, C.D.; SIGWARD, S.M.; OTA, S.; LANGFORD, K.; POWERS, C.M. The influence of in-season injury prevention training on lower-extremity kinematics during landing in female soccer players. **Clin J Sports Med.** 16(3): 223-227, 2006.

POLLARD, C.D.; SIGWARD, S.M.; POWERS, C.M. Limited hip and knee flexion during landing is associated with increased frontal plane knee motion and moments **Clin Biomech.** (Bristol, Avon). 25(2): 142-6, 2010.

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

PRAPAVESSIS, H.; MCNAIR, P.J. Effects of instruction in jumping technique and experience jumping on ground reaction forces. **J Orthop Sports Phys Ther.** 29:352–6, 1999.

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

VESCOVI, J.D.; CANAVAN, P.K.; HASSON, S. Effects of a plyometric program on vertical landing force and jumping performance in college women. **Phys Ther Sport** 9: 185–192, 2008.

WINTER, D.A. **Biomechanics and motor control of human movement.** 3rd ed. New York: John Wiley & Sons; 49-50, 2005.

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

APÊNDICE I

FICHA DE AVALIAÇÃO FÍSICA DO LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO E
INTERVENÇÃO EM ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA



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

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 Fumante () N () S

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 () ileopsoas	() reto femoral () ileopsoas

DECÚBITO VENTRAL:

Teste de Apley () 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		

APÊNDICE II

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



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

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

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.

j) 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:

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

Ft. MSc. Daniel F. M. Lobato
Doutorando em Fisioterapia

Paloma Yan Lam Wun
Graduanda em Fisioterapia

Ana Flávia dos Santos
Graduanda em Fisioterapia

André Pantalena Yoshimatsu
Graduando em Fisioterapia

Andréa Luiz Francisco
Graduanda em Fisioterapia

ANEXO I

MANUSCRITO APRESENTADO NO EXAME DE QUALIFICAÇÃO

Efeito do uso de contraceptivos orais na cinemática do membro inferior durante o agachamento unipodal

Contraceptivos orais e a cinemática do membro inferior

Lobato, D.F.M.¹; Baldon, R.M.¹; Santos, A.F.¹; Francisco, A. L.¹; Santiago, P.R.P.²; Serrão, F. V.¹

¹Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Fisioterapia

²Universidade de São Paulo – Escola de Educação Física e Esporte

Autor para correspondência:

Fábio Viadanna Serrão

Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luis, km 235 CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brasil

Telefone: +55 16 3351 8754 Fax: +55 16 3361 2081

E-mail: fserrao@ufscar.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do uso de contraceptivos orais (CO) na cinemática do joelho e do quadril durante o agachamento unipodal em mulheres saudáveis. Quarenta e duas voluntárias (18-26 anos) foram divididas por conveniência em dois grupos: 1 – Grupo de mulheres que utilizavam CO por pelo menos 3 meses prévios à avaliação ($n= 21$) e 2 – Grupo de mulheres que não utilizavam CO ($n= 21$). As excursões (máximas e no ângulo de 75° de flexão do joelho) em abdução/adução do joelho, em abdução/adução do quadril e em rotação medial/lateral do quadril (em graus) foram verificadas durante a realização do agachamento unipodal com o membro inferior dominante, registrado por meio de quatro câmeras digitais a uma frequência de 60 Hz. Não houve diferença significativa entre os grupos quanto à máxima excursão em abdução do joelho ($p= 0,26$) e em adução ($p= 0,10$) e rotação medial ($p= 0,94$) do quadril. Quando considerado o ângulo de 75° de flexão do joelho, nenhuma diferença significativa foi verificada entre os grupos para os valores de excursão em abdução do joelho ($p= 0,31$) e em adução ($p= 0,11$) e rotação medial ($p= 0,85$) do quadril. Estes achados sugerem que o uso de CO não influencia a cinemática do joelho e do quadril durante a realização do agachamento unipodal.

Palavras-chave: Ligamento cruzado anterior, contraceptivo oral, membro inferior, cinemática

INTRODUÇÃO

A probabilidade de ocorrência de lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) em mulheres é de duas a oito vezes maior do que em homens praticantes de um mesmo esporte (Arendt & Dick, 1995). Fatores anatômicos, biomecânicos/neuromusculares e hormonais têm sido relacionados a essa maior incidência de lesão em mulheres (Hewett et al., 2000; Renstrom et al., 2008). Mais recentemente, o papel dos hormônios sexuais femininos tem despertado o interesse da comunidade científica (Martineau et al., 2004). Esse interesse surgiu a partir do momento em que foi identificada a presença de receptores de estrógeno e progesterona no LCA humano (Liu et al., 1996).

Deste modo, hipotetiza-se que a flutuação nos níveis de estrógeno durante o ciclo menstrual possa afetar negativamente o metabolismo de colágeno no LCA, contribuindo para o aumento da incidência de sua lesão em mulheres (Adachi et al., 2008; Arendt et al., 2002). Neste sentido, um estudo recente (Park et al., 2009) verificou que mulheres apresentam maior frouxidão no joelho e menor capacidade de estabilização dessa articulação durante a fase ovulatória do ciclo menstrual (na qual os níveis de estrógeno são mais elevados), concluindo que as mulheres estariam mais predispostas a lesões no joelho durante essa fase do ciclo.

O valgo dinâmico do joelho, que ocorre durante a aterrissagem de um salto e/ou durante atividades que envolvem desaceleração e mudança de direção, é considerado o principal mecanismo de lesão do LCA em mulheres (Boden et al., 2000; Russell et al., 2006). O valgo dinâmico é definido como o movimento ou posicionamento da região distal da tíbia para longe da linha sagital mediana do corpo, enquanto a região distal do fêmur aproxima-se dessa mesma linha (Hewett et al., 2005). Assim, o valgo dinâmico é composto de adução e rotação medial do fêmur e de abdução e rotação lateral da tíbia (Zazulak et al., 2005). Portanto, ao considerar-se o papel do LCA como estabilizador secundário do movimento em valgo do joelho (Markolf et al., 1995), bem como a possibilidade de uma influência hormonal inibitória em sua resistência mecânica (Liu et al., 1996), tem sido hipotetizado que a sua função em estabilizar estaticamente o joelho possa ser comprometida em função de fatores hormonais, o que levaria esta articulação a maiores excursões em valgo e, conseqüentemente, predisporia a um maior risco de lesões do LCA (Cammarata & Dhaher, 2008; César et al., 2011).

Utilizando-se de uma abordagem pato-mecânica que leve em consideração a relação de interdependência entre segmentos articulares adjacentes (explicada pela teoria da cadeia cinética fechada), assume-se que o aumento na posição em valgo do joelho devido ao aumento de flexibilidade do LCA possa resultar em (ou ser conseqüência de)

maior excursão em adução e rotação medial do quadril, uma vez que esses movimentos são componentes proximais do valgo dinâmico do joelho (Ferber et al., 2003; Zazulak et al., 2005). Desta forma, parece razoável integrar o estudo dos movimentos do quadril à análise da cinemática do joelho em situações funcionais, com perspectiva de melhor compreender os fatores de risco às lesões do LCA.

O uso de contraceptivos orais (CO) tem sido sugerido como uma forma de reduzir as taxas de lesão do LCA, considerando o seu papel em estabilizar a flutuação hormonal durante o ciclo menstrual (Martineau et al., 2004). Contudo, pouco se sabe acerca de seus reais efeitos sobre as propriedades biomecânicas do ligamento e, conseqüentemente, sobre o risco de lesão do LCA. Até o momento, poucos estudos têm investigado os efeitos do uso de CO sobre a frouxidão do joelho, analisada por meio da artrometria, com resultados contraditórios quanto a presença (Martineau et al., 2004) ou ausência (Pokorny et al., 2000) de efeitos dos CO nessa característica articular. Além disso, recentes estudos epidemiológicos verificaram que o uso de CO aparentemente não reduz as taxas de lesão do LCA entre mulheres atletas (Agel et al., 2006; Ruedl et al., 2009), o que tem aumentado a polêmica sobre este tema.

Embora os estudos anteriores (Martineau et al., 2004; Pokorny et al., 2000) forneçam informações relevantes a respeito da influência dos CO na frouxidão do joelho e no risco de lesão do LCA em mulheres, a avaliação por meio da artrometria é considerada de natureza estática e, assim, não reproduz a condição dinâmica envolvida na lesão desse ligamento (Chaudhari et al., 2007; César et al., 2011). Assim, supõe-se que a avaliação do alinhamento dinâmico do quadril e do joelho durante a realização de atividades funcionais em usuárias e não usuárias de CO possibilitaria uma melhor compreensão da relação entre o uso dessa medicação e o risco de lesão do LCA.

Deste modo, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito do uso de CO na cinemática do quadril e do joelho em mulheres sadias durante uma atividade dinâmica e funcional – o agachamento unipodal. Hipotetiza-se que o uso dos CO possa ter uma influência positiva sobre os movimentos do joelho e do quadril, com uma redução no movimento em valgo do joelho (adução e rotação medial de quadril e abdução do joelho) durante a realização dessa atividade funcional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram deste estudo quarenta e duas atletas recreacionais de uma comunidade universitária, com idade entre 18 e 26 anos. Uma atleta recreacional foi definida como qualquer atleta que participasse de atividades aeróbias e/ou atléticas por pelo menos 3 vezes/semana, com periodicidade mínima de 30 minutos/treino-atividade (Heinert et al., 2008). As voluntárias deveriam apresentar eumenorréia há no mínimo um ano, com intervalo regular do ciclo menstrual de 26-32 dias (Ireland & Ott, 2004). Foram considerados como critérios de exclusão: a) existência de lesões atuais e/ou cirurgias prévias no membro inferior (Park et al., 2009), b) condições cardiovasculares, pulmonares, neurológicas e/ou sistêmicas que limitassem a atividade física (Chappell et al., 2002), c) utilização de contraceptivos orais (para o GC) nos últimos 6 meses (Dedrick et al., 2008), ou de qualquer terapia farmacológica (Martineau et al., 2004) e/ou hormonal que influenciasse no ciclo fisiológico dos hormônios sexuais e d) estágio de gestação em andamento (Dedrick et al., 2008).

As voluntárias foram divididas por conveniência em dois grupos: 1) Grupo de mulheres que utilizavam CO há pelo menos 3 meses prévios à avaliação (GCO, $n= 21$; $20,86\pm 1,42$ anos; $57,48\pm 6,13$ kg, $1,63\pm 0,06$ m) e 2 – Grupo de mulheres que não utilizavam CO nos últimos seis meses prévios à avaliação – grupo controle (GC, $n= 21$; $20,62\pm 1,66$ anos, $59,76\pm 10,97$ kg, $1,62\pm 0,07$ m). Todas as voluntárias leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes das avaliações, sendo que todos os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética Institucional local (processo nº 450/2009).

Procedimentos

A avaliação cinemática do membro inferior dominante (determinado perguntando às voluntárias qual o membro utilizado para chutar uma bola na máxima distância possível) durante o agachamento unipodal foi realizada durante o estágio pré-ovulatório do ciclo menstrual (11º-13º dias de um ciclo de 28 dias, entre os quais os níveis de estrógeno são mais elevados), uma vez que este período é considerado por alguns autores como apresentando maior associação com a ocorrência de lesões do LCA (Park et al., 2009; Ruedl et al., 2009). Para as voluntárias que apresentassem um ciclo de duração diferente, os dias de avaliação foram normalizados ao ciclo fisiológico, com os dias de coleta correspondentes a um ciclo de 28 dias, conforme recomendações de Speroff & Fritz (2005).

Os movimentos foram registrados por meio de quatro câmeras digitais (Panasonic NV-GS180, Matsushita Group, Japão), ajustadas a uma frequência de aquisição de 60 Hz e posicionadas de forma ideal para que pudessem registrar todos os marcadores passivos. As câmeras estavam localizadas em frente (câmeras 1 e 2) e pósterolateralmente (câmeras 3 e 4) aos sujeitos. As câmeras frontais apresentavam uma angulação de 60° entre elas, enquanto as câmeras 3 e 4 estavam anguladas a 60° em relação aos sujeitos (120° de angulação uma em relação a outra).

Para o procedimento de calibração, foi utilizado um objeto com dimensões conhecidas (1 m x 1,8 m x 0,8 m), filmado na área onde as voluntárias iriam realizar a tarefa. Este objeto apresentava 24 pontos de controle com posições absolutas conhecidas em relação ao sistema de coordenadas cartesiano. O sistema de referência global foi então definido com este objeto devidamente calibrado, no qual o eixo Y estava orientado superiormente, o eixo X orientado anteriormente e o eixo Z orientado para a direita das participantes (Wu & Cavanagh, 1995).

Em cada avaliação, nove marcadores refletivos passivos (10 mm de diâmetro) foram posicionados pelo mesmo pesquisador nas seguintes superfícies anatômicas: (1 e 2) espinhas ilíacas ântero-superiores, (3) primeira vértebra sacral, (4) proeminência do trocânter maior do fêmur, (5 e 6) epicôndilos medial e lateral do fêmur, (7) cabeça da fíbula e (8 e 9) sobre os maléolos medial e lateral. Esta distribuição de marcadores foi necessária para determinar o alinhamento do quadril e do joelho durante o agachamento unipodal. O sistema de coordenadas dos marcadores foi identificado por meio do uso do *software* Dvideow (Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits) (Figuroa et al., 2003), que utiliza o método de transformação linear direta – DLT (*direct linear transformation*) para a representação tri-dimensional do movimento (Abdel-Aziz & Kahara, 1971).

A cinemática do quadril e do joelho de cada voluntária foi analisada durante a realização do agachamento unipodal. As voluntárias foram instruídas a permanecer com o membro contralateral (não-dominante) sem apoio no solo, mantendo flexão do joelho de 90° com o quadril próximo à posição neutra para a flexão-extensão, e com os membros superiores cruzados em frente ao tórax. Neste momento, foi realizado o registro digital da posição estática em apoio simples, a ser utilizado para determinar a posição de alinhamento anatômico do membro inferior. Esta medida estática foi utilizada como o alinhamento neutro de cada sujeito, com as medidas subseqüentes referindo-se a este posicionamento.

As voluntárias foram orientadas a realizar o agachamento unipodal até atingir a posição aproximada de 75° de flexão do joelho, e então retornar à posição inicial. Um suporte de altura ajustável foi posicionado ao lado das

voluntárias, sinalizando a distância (entre o solo e o marcador posicionado no trocânter maior do fêmur) necessária para atingir o ângulo de flexão do joelho pré-estabelecido (Willson et al., 2006). O tempo de execução do agachamento unipodal foi padronizado em $2 \pm 0,3$ segundos, controlados por cronômetro digital. Cada sujeito completou 3 tentativas de familiarização com os procedimentos do teste e 5 tentativas aceitáveis para a análise dos dados. Se qualquer um dos requisitos para a avaliação não fosse satisfeito, a tentativa era invalidada e uma nova tentativa era então realizada. As médias dos valores cinemáticos obtidos nas 5 tentativas validadas foram utilizados para a análise estatística.

Após o registro tridimensional das coordenadas de cada marcador, os dados foram submetidos ao *software* Matlab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA) e analisados utilizando um filtro Butterworth passa-baixa de 4ª ordem, com frequência de corte de 5 Hz. O sistema de coordenada local da coxa e da perna foi então definido e algoritmos foram criados para quantificar os ângulos articulares de interesse. Os ângulos do quadril e do joelho foram calculados utilizando a convenção matemática dos ângulos de Euler, considerando o sistema de coordenadas do segmento distal em relação ao sistema de coordenadas do segmento proximal (Grood & Suntay, 1983).

As variáveis cinemáticas analisadas foram a excursão máxima em abdução/adução do quadril, em rotação lateral/medial do quadril e em abdução/adução do joelho, bem como a excursão em abdução/adução do quadril, em rotação lateral/medial do quadril e em abdução/adução do joelho, quando considerado o ângulo específico de 75ª de flexão do joelho. Estas variáveis foram calculadas por meio da subtração dos ângulos do quadril e do joelho atingidos durante o teste daqueles registrados na posição anatômica em apoio simples. Por convenção, valores positivos representam as excursões em adução e rotação medial do quadril e em adução do joelho, enquanto valores negativos representam excursões em abdução e rotação lateral do quadril e em abdução do joelho.

O ângulo de flexão do joelho (75º) foi escolhido porque observações prévias por meio de estudos-piloto revelaram uma forte tendência de aumento dos movimentos em adução do quadril e em abdução do joelho com o aumento do ângulo de flexão do joelho durante o agachamento unipodal em mulheres. Além disso, trata-se de uma forma de padronização da análise dos dados, visto que analisam os movimentos do quadril e do joelho de todas as voluntárias mediante uma mesma situação funcional, que pode fornecer elementos adicionais à análise realizada apenas com base nos dados absolutos (excursões máximas). O erro experimental do estudo foi verificado por meio de um teste de acurácia específico (Ehara et al., 1997), que evidenciou uma acurácia do sistema de 2,8 mm.

Análise estatística

As análises foram conduzidas por meio do *software* Statistica (version 5.0, StatSoft Inc, Tulsa, OK, USA). Após a confirmação da normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov–Smirnov, testes t-Student para amostras independentes foram conduzidos para verificar as possíveis diferenças existentes entre os grupos, considerando um nível de significância de 5%. Adicionalmente, os índices de significância clínica de Cohen (Cohen's *d*) foram calculados para representar o efeito relativo (*effect size*) de cada variável de interesse.

RESULTADOS

As características descritivas dos grupos estão apresentadas na Tabela 1, na qual verifica-se similaridade entre os grupos em relação aos dados demográficos, antropométricos e medidas cinemáticas do quadril e do joelho na posição anatômica (*p* valores variando entre 0,09-0,92). Desta forma, consideram-se as amostras passíveis de comparação. A Tabela 2 evidencia que não há diferença entre os grupos quanto à máxima excursão em adução ($p=0,10$) e rotação medial ($p=0,94$) do quadril, ou na máxima excursão em abdução do joelho ($p=0,26$). Com relação aos valores atingidos no ângulo de 75° de flexão do joelho, não houve diferença entre os grupos a respeito da excursão em adução ($p=0,11$) ou rotação medial ($p=0,85$) do quadril, ou ainda em relação à excursão em abdução do joelho ($p=0,31$). Os efeitos relativos (Cohen's *d*) representaram um efeito negligenciável a médio (valores variando entre 0,02-0,55) – Tabelas 1 e 2.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi identificar o efeito do uso de CO nas medidas de adução e rotação medial do quadril e de abdução do joelho em mulheres sadias durante a realização do agachamento unipodal. Diante do corpo de conhecimento da área, supõe-se que o presente estudo é o primeiro a se dedicar ao exame da influência dos CO na cinemática do membro inferior em uma atividade dinâmica. Contrariamente à hipótese de uma influência dos CO nos movimentos do quadril e do joelho, não foi verificada diferença nas excursões de movimento das articulações do quadril e do joelho nesta tarefa funcional entre usuárias e não-usuárias de CO. Uma vez que nenhum outro estudo

avaliou a influência dos CO na cinemática do membro inferior, nenhuma comparação direta pode ser feita em relação aos achados atuais.

Contudo, alguns autores avaliaram o efeito dos CO nas propriedades mecânicas do LCA (Martineau et al., 2004; Pokorny et al., 2000) e no risco de lesão do LCA (Agel et al., 2006; Ruedl et al., 2009), o que permite considerações indiretas. De uma perspectiva aplicada, apenas um desses estudos verificou que o uso de CO apresentou redução significativa na translação anterior da tíbia, indicando que o seu uso aparentemente reduz a frouxidão do joelho e poderia, conseqüentemente, apresentar um efeito protetor às lesões do joelho (Martineau et al., 2004). Apesar das diferenças metodológicas, o presente estudo não suporta esta hipótese, corroborando indiretamente dois outros estudos, de natureza epidemiológica (Agel et al., 2006; Ruedl et al., 2009), os quais não verificaram diferenças na quantidade de lesões entre atletas que utilizavam CO em relação àquelas que não faziam uso dessa terapêutica. Contudo, Ruedl et al. (2009) observaram que o estágio pré-ovulatório do ciclo menstrual estava associado com um aumento no índice de lesões do LCA, o que pode indicar a possibilidade de influência hormonal na ocorrência desta lesão.

Na tentativa de melhor compreender o papel dos fatores hormonais na ocorrência de lesões do LCA, alguns estudos (Seneviratne et al., 2004; Slauterbeck et al., 1999; Strickland et al., 2003) têm investigado o possível efeito de doses supra-fisiológicas de estrógeno no ligamento de espécimes animais, como uma forma de inferir o efeito deste hormônio durante a fase pré-ovulatória do ciclo menstrual. Esses estudos produziram resultados controversos sobre a presença (Slauterbeck et al., 1999) ou ausência (Seneviratne et al., 2004; Strickland et al., 2003) de mudanças significativas nas taxas de proliferação de fibroblastos e de síntese de colágeno no LCA. Contudo, é importante observar que em um desses estudos (Slauterbeck et al., 1999) os níveis de estrógeno utilizados são equivalentes àqueles encontrados em mulheres em estágio de gestação, ou seja, em níveis muito superiores aos de mulheres que não estejam sob essa condição. Deste modo, a relevância clínica desse achado deve ser analisada com cautela, visto que ele se aplica a situações envolvendo doses hormonais incompatíveis à população feminina mais predisposta às lesões do LCA.

Embora alguns estudos tenham evidenciado uma relação positiva entre as concentrações de estrógeno e a incidência de lesões do LCA (Park et al., 2009; Ruedl et al., 2009; Slauterbeck et al., 2002), deve ser observado que a redução dessa concentração (derivada do uso regular de CO) não necessariamente constitui um mecanismo reverso, que induziria a benefícios nas propriedades tênsis do ligamento e, conseqüentemente, reduziria o risco de lesões do

LCA (Seneviratne et al., 2004). Desta forma, os resultados do presente estudo sugerem que o mecanismo protetor inicialmente atribuído a esses medicamentos (Martineau et al., 2004) não resultam em um efeito oposto àquele observado nas situações de hiperdosagem desse hormônio (Slauterbeck et al., 1999). Tal conceito foi primeiramente estabelecido por Seneviratne et al. (2004), que consideraram que qualquer efeito direto dos níveis de estrógeno sobre as propriedades mecânicas dos ligamentos devem ser, no máximo, limitadas, visto que sua concentração endógena é extremamente dinâmica. Assim, considerando a constante variação hormonal durante os diferentes estágios do ciclo menstrual, supõe-se que não haveria tempo suficiente para a manifestação de efeitos decisivos sobre aspectos estruturais do ligamento.

Os autores reconhecem algumas limitações relacionadas ao presente estudo. Primeiramente, o tamanho da amostra pode ser considerado pequeno ($n=21$) para as propostas desta investigação. Contudo, uma análise retrospectiva do poder amostral revelou que os testes estatísticos utilizados apresentaram baixos níveis de poder (valores variando entre 0,03-0,41) para detectar diferenças entre os grupos. Este fato indica que um maior número de sujeitos por grupo (n valores variando entre 53-17444) seria necessário para detectar diferenças mínimas entre os grupos, considerando $\alpha=0,05$ e $\beta=0,20$. Desta forma, os autores consideram que existem argumentos razoáveis para aceitar a hipótese nula.

Além disso, o agachamento unipodal certamente apresenta limitações quando utilizado como modelo para avaliar a função de estabilização articular (estática e dinâmica) do membro inferior, uma vez que pode ser considerado uma tarefa de baixa demanda quando comparada a outras atividades comumente associadas à lesão do LCA, como a aterrissagem de um salto ou as manobras de desaceleração e mudança de direção (Ferber et al., 2003; Russell et al., 2006). Porém, neste estudo não foi possível avaliar atividades de maior demanda devido à baixa frequência de aquisição do sistema utilizado para a análise cinemática (60 Hz). O agachamento unipodal foi escolhido porque ele é uma atividade funcional em cadeia cinética fechada, com descarga de peso corporal, de execução relativamente simples, sendo amplamente utilizado no meio clínico e científico (Willson et al., 2006) para avaliar a função do membro inferior. Apesar de sua baixa demanda, os autores acreditam que a cinemática do membro inferior possa ser devidamente avaliada durante essa atividade, de forma similar àquela envolvida em outras atividades mais complexas, sobretudo considerando os níveis de flexão do joelho estimulados para a realização do teste.

Por fim, outra limitação deste estudo refere-se à ausência de uma avaliação específica da função dos músculos responsáveis pelo controle do valgo dinâmico do joelho. Uma vez que as sobrecargas em valgo do joelho

durante atividades de salto/aterrissagem são indicadores primários do risco de lesão do LCA em mulheres atletas (Hewett et al., 2005) e que os músculos abdutores e rotadores laterais do quadril assistem excentricamente no controle desse movimento (Claiborne et. al., 2006), sugere-se que a avaliação da função dessa musculatura, especialmente se integrada a uma situação funcional, seja útil para melhor compreender as características de alinhamento dinâmico do membro inferior observadas durante uma avaliação cinemática.

Perspectivas

O uso de CO parece não apresentar influência sobre a cinemática do quadril e do joelho de mulheres sadias durante a realização do agachamento unipodal, ou seja, não há evidência conclusiva que os CO apresentem algum efeito protetor contra as lesões do LCA. Deste modo, o uso desta terapêutica como forma de estabilizar o perfil hormonal feminino, evitando a ocorrência de alterações estruturais negativas ao tecido ligamentar, bem como a sua influência sobre os riscos de lesões do LCA, ainda necessitam de melhor definição. Estudos futuros são recomendados para avaliar os efeitos dos CO em outras características biomecânicas e/ou neuromusculares em mulheres, tais como os padrões de ativação muscular e a cinética de membros inferiores durante atividades funcionais em usuárias de CO. Uma vez que esses medicamentos foram sugeridos como uma forma de reduzir a frouxidão do joelho induzida pelas variações hormonais do ciclo menstrual e potencialmente reduzir o risco de lesão do LCA em mulheres atletas (Martineau et al., 2004), a elucidação desta relação poderá ajudar a compreender de forma mais adequada os fatores de risco para este tipo de lesão, bem como direcionar as intervenções fundamentadas à minimização desses fatores.

Agradecimentos

Este projeto foi financeiramente garantido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo nº 479177/2008-2. Os autores também gostariam de agradecer ao auxílio financeiro do PIBIC/CNPq/UFSCar.

REFERÊNCIAS

- Abdel-Aziz YL, Kahara HM. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates. Symposium on close-range photogrammetry. Falls Church, Va: American Society of Photogrammetry; 1971. p. 1–18.
- Adachi N, Nawata K, Maeta M, Kurozawa Y. Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128: 473–478.
- Agel J, Bershadsky B, Arendt EA. Hormonal Therapy: ACL and ankle injury. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(1): 7-12.
- Arendt EA, Bershadsky B, Agel J. Periodicity of noncontact anterior cruciate ligament injuries during menstrual cycle. *J Gend Specif Med* 2002; 5(2): 19-26.
- Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med* 1995; 23: 694-701.
- Cammarata ML, Dhafer YY. The differential effects of gender, anthropometry, and prior hormonal state on frontal plane knee joint stiffness. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008; 23(7): 937-945.
- Cesar GM, Pereira VS, Santiago PRP, Benze BG, Lobo da Costa PH, Amorim CF et al. Variations in dynamic knee valgus and gluteus medius onset timing in non-athletic females related to hormonal changes during the menstrual cycle. *The Knee* 2011; 18(4): 224-230.
- Chappell JD, Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *Am J Sports Med* 2002; 30(2): 261-267.

Chaudhari AMW, Lindenfeld TN, Andriacchi TP, Hewett TE, Riccobene J, Myer GD et al. Knee and hip loadings patterns at different phases in the menstrual cycle – Implications for the gender difference in anterior cruciate ligament injury rates. *Am J Sports Med* 2007; 35(5): 793-800.

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.

Dedrick GS, Sizer PS, Merkle JN, Hounshell TR, Robert-McComb JJ, Sawyer SF, Brismée JM, Roger James C. Effect of sex hormones on neuromuscular control patterns during landing. *J Electromyogr Kinesiol* 2008 18(1): 68-78.

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: 251-255.

Ferber R, Davis IM, Williams DS. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clin Biomech* 2003; 18(4): 350-357.

Figueroa PJ, Leite NJ, Barros RM. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput Methods Programs Biomed* 2003; 72(2): 155-165.

Grood ES, Suntay WJ. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: Application to the knee. *J Biomech Engin* 1983; 105: 136-144.

Ireland ML; Ott SM. Special concerns of the female athlete. *Clin Sports Med* 2004; 23(2): 526-536.

Heinert BL, Kernozek TW, Greany JF, Fater DCJ. Hip abductor weakness and lower extremity kinematics during running. *J Sport Rehabil* 2008; 7(3): 243-256.

Hewett TE. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. *Sports Med* 2000; 29: 313–327.

Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr. RS, Colosimo 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 – A prospective study. *Am J Sports Med* 2005; 33(4): 492-501.

Liu SH, Al-Shaikh R, Panossian V, Yang RS, Nelson SD, Soleiman N et al. Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cell in the human anterior cruciate ligament. *J Orthop Res* 1996; 14: 526-533.

Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slauterbeck JL. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *J Orthop Res* 1995; 13: 930-935.

Martineau PA, Al-Jassir F, Lenczner E, Burman ML. Effect of the oral contraceptive pill on ligamentous laxity. *Clin J Sports Med* 2004; 14(5): 281-286.

Park SK, Stefanyshyn DJ, Loitz-Ramage B, Hart DA, Ronsky JL. Changing hormone levels during the menstrual cycle affect knee laxity and stiffness in healthy female subjects. *Am J Sports Med* 2009; 37: 588-598.

Pokorny MJ, Smith TD, Calus SA, Dennison EA. Self-reported oral contraceptive use and peripheral joint laxity. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000; 30: 683-692.

Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynonn B, Fukubayashi T, Garrett W et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med* 2008; 42: 394-412.

Ruedl G, Ploner P, Linortner I, Schranz A, Fink C, Sommersacher R et al. Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17(9): 1065-1069.

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.

Seneviratne A, Attia E, Williams RJ, Rodeo SA, Hannafin JA. The effect of estrogen on ovine anterior cruciate ligament fibroblasts. *Am J Sports Med* 2004; 32: 1613-1618.

Slauterbeck J, Clevenger C, Lundberg W, Burchfield DM. Estrogen level alters the failure load of the rabbit anterior cruciate ligament. *J Orthop Res* 1999 17: 405-408.

Slauterbeck JR, Fuzie SF, Smith MP, Clark RJ, Xu K, Starch DW et al. The menstrual cycle, sex hormones and anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train* 2002; 37(3): 275-280.

Speroff L, Fritz MA. *Clinical Gynecologic Endocrinology and Infertility*. 7th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2005; p. 1334.

Strickland SM, Belknap TW, Turner SA, Wright TM, Hannafin JA. Lack of hormonal influences on mechanical properties of sheep knee ligaments. *Am J Sports Med* 2003; 31: 210-215.

Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38: 945-952.

Wu G, Cavanagh PR. ISB recommendations for standardization in the reporting of kinematic data. *J Biomech* 1995; 28: 1257-1261.

Zazulak BT, Ponce PT, 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): 292-299.

Tabela 1 Dados antropométricos, demográficos e medidas cinemáticas relacionadas ao quadril e joelho na posição anatômica (média e DP) ($n=21$).

Variável	GCO	GC	p-valor	Cohen <i>d</i>
Idade (anos)	20,86±1,42	20,62±1,66	0,62	0,16
Altura (m)	1,63±0,06	1,62±0,07	0,65	0,14
Massa (kg)	57,48±6,13	59,76±10,97	0,41	0,26
Abdução (-) / adução (+) do joelho na posição anatômica (°)	-2,54±3,90	-4,28±2,41	0,09	0,55
Abdução (-) / adução (+) do quadril na posição anatômica (°)	7,39±3,54	7,28±3,73	0,92	0,03
Rotação lateral (-) / medial (+) do quadril na posição anatômica (°)	-0,09±5,81	0,11±6,42	0,91	0,03

GCO – Grupo contraceptivo oral; GC – Grupo controle

Tabela 2 Medidas cinemáticas relacionadas ao quadril e joelho durante o agachamento unipodal (média e DP) ($n=21$).

Variável	GCO	GC	p-valor	Cohen <i>d</i>
Excursão máxima em abdução (-) / adução (+) do joelho (°)	-11,91±7,35	-9,63±5,59	0,26	0,36
Excursão máxima em abdução (-) / adução (+) do quadril (°)	11,63±4,81	8,86±5,75	0,10	0,53
Excursão máxima em rotação lateral (-) / medial (+) do quadril (°)	17,52±6,28	17,35±7,71	0,94	0,02
Excursão em abdução (-) / adução (+) do joelho a 75° de flexão do joelho (°)	-7,08±8,60	-4,73±5,96	0,31	0,33
Excursão em abdução (-) / adução (+) do quadril a 75° de flexão do joelho (°)	8,84±4,82	6,06±6,18	0,11	0,51
Excursão em rotação lateral (-) / medial (+) do quadril a 75° de flexão do joelho (°)	13,14±6,97	13,60±8,15	0,85	0,06

GCO – Grupo contraceptivo oral; GC – Grupo controle

ANEXO II

MANUSCRITO SUBMETIDO AO PERÍODICO
“SCANDINAVIAN JOURNAL OF MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS”

[Edit Account](#) | [Instructions & Forms](#) | [Log Out](#) | [Get Help Now](#)SCHOLARONE™
Manuscripts[Main Menu](#) → [Corresponding Author Dashboard](#) → Submission Confirmation

You are logged in as Daniel Lobato

Submission Confirmation

Thank you for submitting your manuscript to *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.

Manuscript ID: SJMSS-O-042-12

Title: Effects of the use of oral contraceptives in the lower limb kinematics during single-leg squat

Authors: Lobato, Daniel
Baldon, Rodrigo
Santos, Ana
Francisco, Andrea
Santiago, Paulo Roberto
Serrao, Fabio

Date Submitted: 22-Jan-2012

Print Return to Dashboard

ScholarOne Manuscripts™ v4.8.0 (patent #7,257,767 and #7,263,655). © ScholarOne, Inc., 2011. All Rights Reserved.
ScholarOne Manuscripts is a trademark of ScholarOne, Inc. ScholarOne is a registered trademark of ScholarOne, Inc.

Follow ScholarOne on Twitter

[Terms and Conditions of Use](#) - [ScholarOne Privacy Policy](#) - [Get Help Now](#)



Effects of the use of oral contraceptives in the lower limb kinematics during single-leg squat

Journal:	<i>Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports</i>
Manuscript ID:	SJMSS-O-042-12
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	22-Jan-2012
Complete List of Authors:	Lobato, Daniel; Federal University of Sao Carlos, Physical Therapy Baldon, Rodrigo; Federal University of Sao Carlos, Physical Therapy Santos, Ana; Federal University of Sao Carlos, Physical Therapy Francisco, Andrea; Federal University of Sao Carloa, Physical Therapy Santiago, Paulo Roberto; University of Sao Paulo, School of Physical Education and Sport Serrao, Fabio; Federal University of Sao Carlos, Physical Therapy
Keywords:	Anterior cruciate ligament, Oral contraceptive, Knee, Hip, Kinematics



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Title: Effects of the use of oral contraceptives in the lower limb kinematics during single-leg squat

Running head: Oral contraceptives and lower limb kinematics

Author Informations:

Daniel Ferreira Moreira Lobato, MSc, PT daniellobato@ig.com.br

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

Rodrigo de Marche Baldon, MSc, PT rodrigo_baldon@hotmail.com

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

Ana Flávia dos Santos, PT aflavinha4@hotmail.com

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

Andréa Luiz Francisco, PT andrealf_03@hotmail.com

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

Paulo Roberto Pereira Santiago, PhD paulosantiago@usp.br

School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brazil

Fábio Viadanna Serrão, PhD, PT fserrao@ufscar.br

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

Corresponding author:

Fábio Viadanna Serrão

Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luis, km 235 CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brasil

Telephone number: +55 16 3351 8754 Fax number: +55 16 3361 2081

E-mail address: fserrao@ufscar.br

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of using oral contraceptives (OC) on the hip and knee kinematics of healthy women during single-leg squat. Forty two volunteers aged from 18 to 26 years were divided into two groups: 1 - Group of women who had used OC for at least 3 months prior to evaluation ($n= 21$) and 2 - Group of women who did not use OC ($n= 21$). The knee abduction/adduction, hip abduction/adduction and medial/lateral rotation excursions (maximum and at 75° of knee flexion) were calculated for the dominant limb during single-leg squat under taped conditions by four digital cameras (60 Hz). No significant difference was verified between the groups regarding the maximum excursion of knee abduction ($p= 0.26$) or hip adduction ($p=0.10$) and medial rotation ($p=0.94$). When considering the knee flexion at 75°, no significant difference was verified between the groups regarding the excursion of knee abduction ($p= 0.31$) or hip adduction ($p=0.11$) and medial rotation ($p=0.85$). These results suggest that the use of OC does not influence the hip and knee kinematics during single-leg squat.

Keywords: Anterior cruciate ligament, oral contraceptive, knee, hip, kinematics

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Introduction

The likelihood of anterior cruciate ligament (ACL) injury in women is two to eight times higher than in men who practice the same sports (Arendt & Dick, 1995). Anatomical, biomechanical/neuromuscular and hormonal factors have been related to the increased incidence of ACL injury in women (Hewett et al., 2000; Renstrom et al., 2008), and more recently, there has been growing interest in the scientific community concerning the role of female sexual hormones (Martineau et al., 2004). This interest arose as from the time it was identified the presence of estrogen and progesterone receptors in the human ACL (Liu et al., 1996).

Thus it has been suggested that fluctuations of the estrogen serum levels during the menstrual cycle could negatively affect the metabolism of collagen in the ACL, contributing to an increased incidence of this ligament injury in women (Arendt et al., 2002; Adachi et al., 2008). In addition, a recent study (Park et al., 2009) found that women presented greater laxity and less knee joint stabilization capacity during the ovulation phase of the menstrual cycle (in which the estrogen levels are higher), thereby concluding that women were more prone to knee injuries during this phase of the cycle.

The dynamic knee valgus that can occur during the landing from a jump and/or during activities that involve deceleration and changes of direction is one of the main factors associated with ACL injury (Boden et al., 2000; Russell et al., 2006). Dynamic knee valgus is defined as the movement or positioning of the distal tibia away from the median sagittal line, while the distal region of the femur moves closer to the same line (Hewett et al., 2005). Thus, dynamic valgus consists of adduction and medial rotation of the femur and abduction and lateral rotation of the tibia (Zazulak et al., 2005). Therefore, when considering the role of the ACL as a secondary restraint for knee valgus (Markolf et al., 1995), as well as the possibility of an inhibitory hormonal influence on its mechanical strength (Liu et al., 1996), it has been hypothesized that the biomechanical function of the ACL in stabilizing the knee joint could be compromised due to hormonal factors, leading the knee joint to positions of greater abduction which could consequently predispose the individual to a greater risk of ACL injuries (Cammarata & Dhaer, 2008; César et al., 2011).

In a pathomechanical coupling between segments approach (explained by the closed kinetic chain theory), it is assumed that this increase in knee valgus position due to ACL laxity could also result in (or be the result of) greater hip adduction and medial rotation excursions, since these hip movements are the proximal components of

1
2
3 dynamic knee valgus (Ferber et al., 2003; Zazulak et al., 2005). Thus it is essential to integrate the hip movements
4
5 with the knee kinematic analyses during functional activities, in order to better understand the risk factors for ACL
6
7 injuries.
8

9
10 The use of oral contraceptives (OC) has been suggested as a way of reducing the ACL injury rate by
11
12 stabilizing the hormonal fluctuation during the menstrual cycle (Martineau et al., 2004). However, little is known
13
14 about their real effects on the biomechanical properties of the ligament and, consequently, on the risk of ACL injury.
15
16 To date, few studies have assessed the effects of the use of OC on the laxity of the knee joint, as analyzed by
17
18 arthrometry, with contradictory results regarding the presence (Martineau et al., 2004) or absence (Pokorny et al.,
19
20 2000) of any effects of OC in this joint feature. Furthermore, recent epidemiological studies verified that the use of
21
22 OC apparently did not reduce the ACL injury rates amongst women athletes (Age1 et al., 2006; Ruedl et al., 2009),
23
24 which has increased the controversy over this issue.

25
26 Although previous studies (Pokorny et al., 2000; Martineau et al., 2004) provided relevant information
27
28 about the influence of OC on knee laxity and the risk of ACL injury in women, the evaluation by arthrometry is
29
30 considered to be of a static nature and does not reproduce the dynamic condition involved in this ligament injury
31
32 (Chaudhari et al., 2007; César et al., 2011). Thus it is assumed that a hip and knee dynamic alignment evaluation
33
34 during the performance of functional activities in OC users and nonusers would allow a better understanding of the
35
36 relationship between the use of this medication and the risk of ACL injury.

37
38 Therefore the objective of this study was to investigate the effect of the use of OC on the hip and knee
39
40 kinematics in healthy women during a dynamic and functional activity – the single-leg squat. It was hypothesized
41
42 that the use of OC would have a positive influence on the hip and knee movements, with a reduction in knee valgus
43
44 movement (hip adduction and medial rotation and knee abduction) during the performance of this functional activity.
45

46 47 **Material and Methods**

48 49 50 **Subjects**

51
52 Forty two recreational athletes aged between 18-26 years (20.74 ± 1.53 years) from a college community
53
54 took part in this cross-sectional study. A recreational athlete was defined as anyone participating in aerobic or
55
56 athletic activity at least 3 times per week – minimum of 30 minutes/training (Heinert et al., 2008). Volunteers have
57
58
59
60

1
2
3 been eumenorrheic for at least a year, with a menstrual cycle showing a regular interval of 26-32 days (Ireland & Ott,
4 2004) and for OC users the use of this medication for at least 3 months (29.86 ± 22.39 months, range 4-84 months)
5 prior to evaluation was considered (Martineau et al., 2004; Cammarata & Dhaher, 2008). The following were
6 considered as exclusion criteria: a) existence of current injuries and/or previous surgery to the lower limb (Park et al.,
7 2009), b) cardiovascular, pulmonary, neurologic and/or systemic conditions that limit physical activity (Chappell et
8 al., 2002), c) the use of oral contraceptives (for the control group) in the last 6 months (Dedrick et al., 2008) or any
9 other pharmacological (Martineau et al., 2004) or hormonal therapy that could influence the physiological cycle of
10 sexual hormones and d) stage of pregnancy (Dedrick et al., 2008).

11
12
13
14
15
16
17
18
19 Considering these criteria, the subjects were divided by convenience into two groups: 1) Group of women
20 who had used OC (OCG, $n= 21$; 20.86 ± 1.42 years; 57.48 ± 6.13 kg, 1.63 ± 0.06 m) and 2 - Group of women who had
21 not used OC – control group (CG, $n= 21$; 20.62 ± 1.66 years, 59.76 ± 10.97 kg, 1.62 ± 0.07 m). In the latter group, the
22 majority ($n=19$) of the volunteers reported they had never used OC and only two subjects reported previous use of
23 this medication (having discontinued its use more than one year prior to this study). All the subjects read and signed
24 an informed consent form before the assessment, and all the testing procedures were approved by the local
25 Institutional Ethics Committee (Process n° 450/2009).

32 33 34 35 Procedures

36
37 A kinematic assessment of the dominant lower limb (determined by asking which leg was used to kick a
38 ball as far as possible) was carried out during the single-leg squat in the pre-ovulatory stage (11th to 13th day) of the
39 menstrual cycle (when the estrogen levels are higher), since this period is considered by some authors to have a
40 greater association with ACL injuries (Park et al., 2009; Ruedl et al., 2009). A normalization procedure was carried
41 out with the volunteers who presented a different length of menstrual cycle in order to evaluate all the volunteers in
42 the same period of the cycle (Speroff & Fritz, 2005).

43
44
45
46
47
48 The trials were recorded using four digital cameras (Panasonic NV-GS180, Matsushita Group, Japan)
49 adjusted to the acquisition frequency of 60 Hz and positioned so they could capture all the passive markers. The
50 cameras were located in front of (cameras 1 and 2) and postero-laterally (cameras 3 and 4) to the subjects. There was
51 an angle of 60° angle between the frontal cameras, whereas cameras 3 and 4 were angled at 60° to the subject (120°
52 between them).

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

For the calibration procedure, an object with known dimensions (1m x 1.8m x 0.8m) was filmed in the area where the subjects would perform the task. This object had 24 control points with known absolute positions in relation to the Cartesian coordinate system. The global reference system was then defined according to this calibrated object, in which the Y axis was oriented upwards, the X axis was oriented anteriorly and the Z axis oriented to the right of the subjects (Wu & Cavanagh, 1995). The experimental error was verified using a specific accuracy test (Ehara et al., 1997), which showed a system accuracy of 2.8 mm.

In each evaluation, nine passive reflective markers (10 mm diameter) were positioned by the same researcher at the following anatomical landmarks: both anterior superior iliac spines, first sacral vertebra, prominence of the greater trochanter of the femur, lateral and medial epicondyle of the femur, head of the fibula, and the lateral and medial malleolus. This distribution of the markers was necessary in order to determine the hip and knee alignment during the single-leg squat. The raw marker coordinates were tracked using the software Dvideow (Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits) (Figueroa et al., 2003), which uses the direct linear transformation (DLT) method for 3D representation (Abdel-Aziz & Kahara, 1971).

The hip and knee kinematics of each subject were analyzed during the single-leg squat. The subjects were instructed to stand with the contra lateral limb off the floor (keeping the non-dominant hip near the neutral flexion-extension position and the non-dominant knee near 90° of flexion – where 0= full extension) and with their arms crossed in front of the thorax. The static standing trial was registered in this position and used to determine the anatomical position of the lower limb. This static measurement was used as the neutral alignment for each subject, with subsequent measurements referring to this position.

The subjects were asked to squat from this position to approximately 75 degrees of knee flexion, and then return to the starting position. An adjustable support was placed beside the subjects at a height that represented the distance from the floor to the greater trochanter of the femur marker necessary to achieve the established knee flexion angle (Willson et al., 2006). The execution time of the task was standardized at 2.0 ± 0.3 seconds, controlled by a progressive digital stopwatch (Timex marathon, Timex Group USA Inc, Middlebury, CT, USA). Each subject completed 3 attempts for familiarization and 5 acceptable trials for the data analysis. If any of the evaluation requirements was not completed, the attempt was invalidated and a new one carried out. The averages of the dominant limb kinematic values obtained from the 5 acceptable trials were used in the statistical analyses.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

After recording the 3D coordinates for each marker, the data were processed by the software Matlab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA). Initially a low-pass 4th order Butterworth filter with 5 Hz cut-off frequency was applied (Winter, 2005). The local coordinate systems of the thigh and leg were then defined and algorithms created to quantify the joint angles. The hip and knee joint angles were calculated using the mathematical convention of Euler angles, with the coordinate system of the distal segment relative to the coordinate system of the proximal segment (Grood & Suntay, 1983).

The kinematic variables studied were the maximum excursion of hip abduction/adduction and medial/lateral rotation and the maximum excursion of knee abduction/adduction, as well as the excursion of hip abduction/adduction and medial/lateral rotation and the excursion of knee abduction/adduction at 75° of knee flexion. These variables were calculated by subtracting the hip and knee values acquired under these conditions from those recorded in the static standing position. By convention, positive values represented hip and knee adduction and hip medial rotation excursions and negative values represented hip and knee abduction and hip lateral rotation excursions.

The degree of knee flexion (75°) used was chosen because previous observations in a pilot study revealed a strong trend for increased hip adduction and knee abduction excursions with increasing knee flexion angle during the single-leg squat in women. Thus the authors sought a way to standardize the data analysis in order to assess the hip and knee movements of all volunteers in the same functional situation, which could provide additional elements for the analysis performed only on the basis of absolute data (maximum excursions).

Statistical analysis

The statistical analyses were carried out using the Statistica software (version 7.0, StatSoft Inc, Tulsa, OK, USA). After confirming normality (Kolmogorov–Smirnov test), t-tests for independent samples were carried out to verify if there were any differences between the groups ($p < 0.05$). In addition, Cohen's *d* value was calculated from the t-tests in order to represent the effect size of each variable.

Results

The descriptive characteristics of the groups are shown in Table 1, in which the similarity between the groups regarding the demographic and anthropometric information and the hip and knee kinematic measurements in the anatomical position (p values ranging from 0.09 to 0.92) were verified. Thus the samples were subject to comparison. The data presented in Table 2 shows that there was no difference between the groups regarding the maximum excursion of hip adduction ($p=0.10$) and medial rotation ($p=0.94$), or the maximum excursion of knee abduction ($p=0.26$). With respect to the values acquired with 75° knee flexion, there was no difference between the groups regarding the excursion of hip adduction ($p=0.11$) or medial rotation ($p=0.85$), or the excursion of knee abduction ($p=0.31$). The relative sizes (Cohen's d value) represented a negligible to medium effect (values ranging from 0.02-0.55) – Tables 1 and 2.

Discussion

The aim of this study was to identify the effects of the use of OC on the measurements of hip adduction and medial rotation and knee abduction in healthy women during the single-leg squat. To the best of our knowledge, this study is the first to examine the influence of OC on hip and knee kinematics during a dynamic activity. Contrary to the hypothesis of an influence of OC on the hip and knee movements, the present study showed no significant difference between OC users and non-users with respect to the hip and knee excursions during this functional task. Since no other studies evaluating the influence of OC on hip and knee kinematics were identified, no direct comparisons could be made with current findings.

However, some studies evaluated the effect of OC on the mechanical properties of the ACL (Pokorny et al., 2000; Martineau et al., 2004) and on the risk of ACL injury (Agel et al., 2006; Ruedl et al., 2009), which allows for indirect considerations. From an applied perspective, only one of these studies found that the use of OC presented a significant reduction in anterior tibial translation, indicating that OC appeared to reduce knee laxity and might consequently have a protective role against joint injuries (Martineau et al., 2004). Regardless of the methodological differences, the present results did not support this hypothesis, indirectly confirming two other epidemiological studies (Agel et al., 2006; Ruedl et al., 2009) which did not find differences between the incidence of injuries

1
2
3 between in athletes who used OC and those who did not. However, the latter authors (Ruedl et al., 2009) observed
4 that the pre-ovulatory phase was associated with an increase in ACL injuries, which may indicate a hormonal
5 influence on the occurrence of this injury.
6
7

8
9 In an attempt to better understand the role of hormonal factors in the occurrence of ACL injuries, some
10 studies (Slauterbeck et al., 1999; Strickland et al., 2003; Seneviratne et al., 2004) have been directed at observing any
11 possible effect of supraphysiological doses of estrogen on the animal ligament, as a way of inferring the effect of this
12 hormone during the pre-ovulatory phase of the menstrual cycle. These studies provided controversial findings
13 regarding the presence (Slauterbeck et al. 1999) or otherwise (Strickland et al., 2003; Seneviratne et al., 2004) of
14 significant changes in the rates of fibroblast proliferation and collagen synthesis in the ACL. However, it is important
15 to note that in one of these studies (Slauterbeck et al., 1999) the estrogen levels used were equivalent to those found
16 in pregnant women that is, at much higher levels than those found in non-pregnant women. Thus the clinical
17 relevance of this finding should be evaluated carefully since it applied to situations involving incompatible hormone
18 doses to women who were more prone to ACL injuries.
19
20
21
22
23
24
25
26
27

28 Although some studies have shown a positive relationship between the estrogen concentrations and the
29 incidence of ACL injuries (Slauterbeck et al., 2002; Park et al., 2009, Ruedl et al., 2009), it should be noted that a
30 reduced concentration (derived from the regular use of OC) may not necessarily cause the reverse mechanism, which
31 would lead to an improvement in the tensile properties of the ligament and hence minimize the risk of ACL injury
32 (Seneviratne et al., 2004). Thus the results of the present study suggest that the protective mechanism attributed to
33 these drugs (Martineau et al., 2004) would not result in the opposite effect to that seen with the use of an overdose
34 (Slauterbeck et al., 1999). This concept was first stated by Seneviratne et al. (2004), who considered that any direct
35 effect that the physiological levels of estrogen might have on the mechanical properties of the ligament would be, at
36 most, limited, since the endogenous changes in its concentration are extremely dynamic. Thus, considering the
37 constant hormonal variation during the different stages of the menstrual cycle, it is assumed there would not be
38 sufficient time for the manifestation of a decisive effect on the structural aspects of the ligament.
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49

50 The authors recognize some limitations with respect to the current study. First, there was no specific
51 assessment of the muscles responsible for controlling the dynamic knee valgus. Since the excessive valgus during
52 jumping/landing activities is a primary indicator of the risk of ACL injury in female athletes (Hewett et al., 2005)
53 and the hip abductor and lateral rotator muscles eccentrically assist in controlling this movement (Claiborne et al.,
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

2006), it was suggested that the assessment of muscle function, especially if integrated into a functional situation, might be useful to better understand the characteristics of the dynamic alignment of the lower limb observed during a kinematic assessment.

In addition, the single leg squat certainly presents limitations when used as a model to evaluate the lower limb joint stability (static and dynamic) function, since it may be considered a low-demand task when compared to other activities commonly related to ACL injuries, such as landing from a jump or decelerating and changing of direction (Ferber et al., 2003; Russell et al., 2006). However, in the present study it was not possible to assess more demanding activities due to the low frequency of the system used for the kinematic analysis (60 Hz). The single leg squat was chosen because it is a very simple functional activity occurring in a closed kinetic chain and involving a weight-bearing condition, widely used in the clinical and scientific settings (Willson et al., 2006) to evaluate lower limb function. Although it is a low-demand activity, the authors believe that the lower limb kinematics could be assessed accordingly by this task, in a similar way to that involved in other more complex weight-bearing activities, especially when considering the knee flexion levels stimulated in the assessment.

Finally, we would like to highlight two aspects related to the profile of our sample. The first refers to the time of use of the OC. On one hand it is recognized that there is a dynamic relationship between knee laxity and the concentrations of sex hormones (Seneviratne et al., 2004), but not on the other hand, the minimum time necessary for the manifestation of changes in the collagen metabolism in the ACL due to the use of OC, remains unknown. However, previous studies (Martineau et al., 2004, Cammarata & Dhaher, 2008) considered the use of OC for at least 3 months as an inclusion criterion and in the present study, the mean duration of the use of such medication was ten times higher. Similarly, Dedrick et al. (2008) used the period of 6 months as a minimum time for discontinuing the use of OC to include a volunteer in the control group before the present study. In the present study, only two subjects in the CG had previously used OC and they had discontinued its use for at least one year before the present study. Thus it is believed that in both situations the volunteers had a stabilized hormonal profile. The second aspect refers to the sample size used, which could be considered small ($n=21$) for the purposes of the study. However, a retrospective power-analysis revealed that the t-tests used had a low power level (values ranging from 0.03-0.41) to detect differences between the groups. This fact indicated that a larger number of subjects per group (n values ranging from 53-17444) were needed to detect the minimum kinematic differences between the groups, considering $\alpha=0.05$ and $\beta=0.20$. Therefore the authors believe there are reasonable arguments to accept the null hypothesis.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Perspectives

The use of OC appears not to influence the hip and knee kinematics in healthy women during the single-leg squat and there is no conclusive evidence that OC has a protective effect against ACL injuries. Thus the use of this therapy as a way to stabilize the female hormone profile, avoiding the occurrence of negative structural changes to the ligament tissue, as well as its influence on the risk of ACL injuries, still requires better definition. Further studies are recommended to assess the effects of OC on other biomechanical/neuromuscular characteristics of women, such as muscular activation patterns and lower limb kinetics during functional activities in OC users. Since the use of OC has been suggested to reduce the variations in menstrual cycle-induced knee laxity and potentially reduce the risk of ACL injury in female athletes (Martineau et al., 2004), the elucidation of this relationship could help to further an understanding of the risk factors for this injury, as well as to target interventions to minimize these factors.

Acknowledgments

This project was financially supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Process nº 479177/2008-2. The authors would also like to acknowledge assistance from PIBIC/CNPq/UFSCar.

References

- Abdel-Aziz YL, Kahara HM. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates. Symposium on close-range photogrammetry. Falls Church, Va: American Society of Photogrammetry; 1971. p. 1–18.
- Adachi N, Nawata K, Maeta M, Kurozawa Y. Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128: 473–478.
- Agel J, Bershadsky B, Arendt EA. Hormonal Therapy: ACL and ankle injury. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(1): 7-12.

1
2
3 Arendt EA, Bershadsky B, Agel J. Periodicity of noncontact anterior cruciate ligament injuries during menstrual
4 cycle. *J Gend Specif Med* 2002; 5(2): 19-26.
5
6

7
8
9 Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and
10 review of literature. *Am J Sports Med* 1995; 23: 694-701.
11
12

13
14 Cammarata ML, Dhaer YY. The differential effects of gender, anthropometry, and prior hormonal state on frontal
15 plane knee joint stiffness. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008; 23(7): 937-945.
16
17

18
19
20 Cesar GM, Pereira VS, Santiago PRP, Benze BG, Lobo da Costa PH, Amorim CF et al. Variations in dynamic knee
21 valgus and gluteus medius onset timing in non-athletic females related to hormonal changes during the menstrual
22 cycle. *The Knee* 2011; 18(4): 224-230.
23
24
25

26
27
28 Chappell JD, Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE. A comparison of knee kinetics between male and female
29 recreational athletes in stop-jump tasks. *Am J Sports Med* 2002; 30(2): 261-267.
30
31
32

33
34 Chaudhari AMW, Lindenfeld TN, Andriacchi TP, Hewett TE, Riccobene J, Myer GD et al. Knee and hip loadings
35 patterns at different phases in the menstrual cycle – Implications for the gender difference in anterior cruciate
36 ligament injury rates. *Am J Sports Med* 2007; 35(5): 793-800.
37
38
39

40
41
42 Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, Pincivero DM. Relationship between hip and knee strength and knee
43 valgus during a single leg squat. *J Appl Biomech* 2006; 22: 41-50.
44
45
46

47
48 Dedrick GS, Sizer PS, Merkle JN, Hounshell TR, Robert-McComb JJ, Sawyer SF, Brismée JM, Roger James C.
49 Effect of sex hormones on neuromuscular control patterns during landing. *J Electromyogr Kinesiol* 2008 18(1): 68-
50
51
52
53
54

55
56 Ehara Y, Fujimoto H, Miyazaki S, Mochimaru M, Tanaka S, Yamamoto S. Comparison of the performance of 3D
57 camera systems II. *Gait & Posture* 1997; 5: 251-255.
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Ferber R, Davis IM, Williams DS. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clin Biomech* 2003; 18(4): 350-357.

Figueroa PJ, Leite NJ, Barros RM. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput Methods Programs Biomed* 2003; 72(2): 155-165.

Grood ES, Suntay WJ. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: Application to the knee. *J Biomech Engin* 1983; 105: 136-144.

Ireland ML; Ott SM. Special concerns of the female athlete. *Clin Sports Med* 2004; 23(2): 526-536.

Heinert BL, Kernozek TW, Greany JF, Fater DCJ. Hip abductor weakness and lower extremity kinematics during running. *J Sport Rehabil* 2008; 7(3): 243-256.

Hewett TE. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. *Sports Med* 2000; 29: 313-327.

Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr. RS, Colosimo 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 – A prospective study. *Am J Sports Med* 2005; 33(4): 492-501.

Liu SH, Al-Shaikh R, Panossian V, Yang RS, Nelson SD, Soleiman N et al. Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cell in the human anterior cruciate ligament. *J Orthop Res* 1996; 14: 526-533.

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: 930-935.

1
2
3 Martineau PA, Al-Jassir F, Lenczner E, Burman ML. Effect of the oral contraceptive pill on ligamentous laxity. Clin
4 J Sports Med 2004; 14(5): 281-286.
5
6

7
8
9 Park SK, Stefanyshyn DJ, Loitz-Ramage B, Hart DA, Ronsky JL. Changing hormone levels during the menstrual
10 cycle affect knee laxity and stiffness in healthy female subjects. Am J Sports Med 2009; 37: 588-598.
11
12

13
14 Pokorny MJ, Smith TD, Calus SA, Dennison EA. Self-reported oral contraceptive use and peripheral joint laxity. J
15 Orthop Sports Phys Ther 2000; 30: 683-692.
16
17

18
19
20 Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynonn B, Fukubayashi T, Garrett W et al. Non-contact ACL injuries in
21 female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. Br J Sports Med 2008; 42: 394-
22 412.
23
24

25
26
27 Ruedl G, Ploner P, Linortner I, Schranz A, Fink C, Sommersacher R et al. Are oral contraceptive use and menstrual
28 cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? Knee Surg Sports
29 Traumatol Arthrosc 2009; 17(9): 1065-1069.
30
31

32
33
34 Russell KA, Palmieri RM, Zinder SM, Ingersoll CD. Sex differences in valgus knee angle during a single leg drop
35 jump. J Athl Train 2006; 41(2): 166-171.
36
37

38
39
40 Seneviratne A, Attia E, Williams RJ, Rodeo SA, Hannafin JA. The effect of estrogen on ovine anterior cruciate
41 ligament fibroblasts. Am J Sports Med 2004; 32: 1613-1618.
42
43

44
45
46 Slauterbeck J, Clevenger C, Lundberg W, Burchfield DM. Estrogen level alters the failure load of the rabbit anterior
47 cruciate ligament. J Orthop Res 1999 17: 405-408.
48
49

50
51
52 Slauterbeck JR, Fuzie SF, Smith MP, Clark RJ, Xu K, Starch DW et al. The menstrual cycle, sex hormones and
53 anterior cruciate ligament injury. J Athl Train 2002; 37(3): 275-280.
54
55

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Speroff L, Fritz MA. *Clinical Gynecologic Endocrinology and Infertility*. 7th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2005; p. 1334.

Strickland SM, Belknap TW, Turner SA, Wright TM, Hannafin JA. Lack of hormonal influences on mechanical properties of sheep knee ligaments. *Am J Sports Med* 2003; 31: 210-215.

Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38: 945-952.

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

Wu G, Cavanagh PR. ISB recommendations for standardization in the reporting of kinematic data. *J Biomech* 1995; 28: 1257-1261.

Zazulak BT, Ponce PT, 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): 292-299.

Table 1. Anthropometric, demographic and kinematic measures in the anatomical position (mean and SD) ($n=21$).

Variable	OCC	CG	P-value	Cohen <i>d</i>
Age (years)	20.86±1.42	20.62±1.66	0.62	0.16
Height (m)	1.63±0.06	1.62±0.07	0.65	0.14
Mass (kg)	57.48±6.13	59.76±10.97	0.41	0.26
Knee abduction (-) / adduction (+) in the anatomical position (°)	-2.54±3.90	-4.28±2.41	0.09	0.55
Hip abduction (-) / adduction (+) in the anatomical position (°)	7.39±3.54	7.28±3.73	0.92	0.03
Hip lateral (-) / medial (+) rotation in the anatomical position (°)	-0.09±5.81	0.11±6.42	0.91	0.03

OCC – Oral contraceptive group; CG – Control group

Table 2. Hip and knee kinematic measures during the single leg squat (mean and SD) ($n=21$).

Variable	OCG	CG	p-value	Cohen <i>d</i>
Maximum excursion of knee abduction (-) / adduction (+) (°)	-11.9±7.35	-9.63±5.59	0.26	0.36
Maximum excursion of hip abduction (-) / adduction (+) (°)	11.63±4.81	8.86±5.75	0.10	0.53
Maximum excursion of hip lateral (-) / medial rotation (+) (°)	17.52±6.28	17.35±7.71	0.94	0.02
Knee abduction (-) / adduction (+) excursion with 50° knee flexion (°)	-7.08±8.60	-4.73±5.96	0.31	0.33
Hip abduction (-) / adduction (+) excursion with 50° knee flexion (°)	8.84±4.82	6.06±6.18	0.11	0.51
Hip lateral (-) / medial rotation (+) excursion with 50° knee flexion (°)	13.14±6.97	13.60±8.15	0.85	0.06

OCG – Oral contraceptive group; CG – Control group

ANEXO III

MANUSCRITO SUBMETIDO AO PERÍODICO
“KNEE SURGERY, SPORTS TRAUMATOLOGY, ARTHROSCOPY”

Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy
Effects of the use of oral contraceptives on hip and knee kinematics in healthy women
during anterior stair descent.
 --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	Effects of the use of oral contraceptives on hip and knee kinematics in healthy women during anterior stair descent.
Article Type:	Original Paper
Corresponding Author:	Daniel Ferreira Moreira Lobato, MSc Federal University of Sao Carlos Sao Carlos, Sao Paulo BRAZIL
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Federal University of Sao Carlos
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Daniel Ferreira Moreira Lobato, MSc
First Author Secondary Information:	
All Authors:	Daniel Ferreira Moreira Lobato, MSc
	Rodrigo de Marche Baldon, MSc.
	Paloma Yan Lam Wun, PT
	Paulo Roberto Pereira Santiago, Phd.
	Fábio Viadanna Serrão, Phd.
All Authors Secondary Information:	
Abstract:	<p>Purpose: Our aim was to evaluate the effects of the use of OC on the hip and knee kinematics of healthy women during anterior stair descent.</p> <p>Methods: Forty volunteers aged from 18 to 26 years were divided into two groups: 1 - Group of women who had used OC for at least 3 months prior to evaluation (n= 20) and 2 - Group of women who did not use OC (n= 20). The knee abduction/adduction, hip abduction/adduction and medial/lateral rotation excursions (degrees) were calculated for the dominant (supporting) limb during anterior stair descent under taped conditions. T-tests for independent samples were used to compare the kinematic differences (maximum excursion and excursion acquired with 50° of knee flexion) between the groups (=0.05).</p> <p>Results: No significant difference was verified between the groups regarding the maximum excursion of knee abduction (p= 0.58) or hip adduction (p=0.29) and medial rotation (p=0.42). When considering the knee flexion at 50°, no significant difference was verified between the groups regarding the excursion of knee abduction (p= 0.92) or hip adduction (p=0.50) and medial/lateral rotation (p=0.19).</p> <p>Conclusion: These results suggest that the use of OC does not influence the hip and knee kinematics during anterior stair descent.</p> <p>Level of evidence: III</p>
Suggested Reviewers:	<p>Gerhard Ruedl, Phd. University Innsbruck gerhard.ruedl@uibk.ac.at This author has been devoted to prospectively study the relationship between use of oral contraceptive and the risk of ACL injuries</p> <p>Thomas W Kernozek, Phd. University of Wisconsin kernozek.thom@uwflox.edu</p>

This author presents great affinity with studies that analyzing the integrated hip and knee musclesfunction, relating these concepts with ACL injuries.

TITLE PAGE

Article Type: Prognostic study - **Level of evidence:** III

Title: Effects of the use of oral contraceptives on hip and knee kinematics in healthy women during anterior stair descent.

Author Informations:

Daniel Ferreira Moreira Lobato, MSc, PT daniellobato@ig.com.br

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

Rodrigo de Marche Baldon, MSc, PT rodrigo_baldon@hotmail.com

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

Paloma Yan Lam Wun, PT pylw_06@hotmail.com

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

Paulo Roberto Pereira Santiago, PhD paulosantiago@usp.br

School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brazil

Fábio Viadanna Serrão, PhD, PT fserrao@ufscar.br

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

Corresponding author:

Fábio Viadanna Serrão

Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luis, km 235 CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brasil

Telephone number: +55 16 3351 8754 Fax number: +55 16 3361 2081

E-mail address: fserrao@ufscar.br

*Blinded Manuscript

[Common.Links.ClickHereToViewLinkedReferences](#)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Abstract (Word count – 203 words)

Purpose: Our aim was to evaluate the effects of the use of OC on the hip and knee kinematics of healthy women during anterior stair descent.

Methods: Forty volunteers aged from 18 to 26 years were divided into two groups: 1 - Group of women who had used OC for at least 3 months prior to evaluation ($n= 20$) and 2 - Group of women who did not use OC ($n= 20$). The knee abduction/adduction, hip abduction/adduction and medial/lateral rotation excursions (degrees) were calculated for the dominant (supporting) limb during anterior stair descent under taped conditions. T-tests for independent samples were used to compare the kinematic differences (maximum excursion and excursion acquired with 50° of knee flexion) between the groups ($\alpha=0.05$).

Results: No significant difference was verified between the groups regarding the maximum excursion of knee abduction ($p= 0.58$) or hip adduction ($p=0.29$) and medial rotation ($p=0.42$). When considering the knee flexion at 50°, no significant difference was verified between the groups regarding the excursion of knee abduction ($p= 0.92$) or hip adduction ($p=0.50$) and medial/lateral rotation ($p=0.19$).

Conclusion: These results suggest that the use of OC does not influence the hip and knee kinematics during anterior stair descent.

Level of evidence: III

Keywords: Anterior cruciate ligament, knee joint, hip joint, oral contraceptive, kinematics

Introduction

Women are two to eight times more likely to sustain an anterior cruciate ligament (ACL) injury than their male counterparts [5]. Some factors (anatomical, biomechanical and hormonal) have been investigated so as to understand why women are more prone to these injuries, and recent attention has focused on the role of female endocrinology. It has been suggested that the fluctuation of the estrogen serum levels during the menstrual cycle can negatively affect the metabolism of collagen in the ACL, contributing to an increased incidence of this ligament injury in women [2,4]. In this sense, a recent study [19] found that women presented greater laxity and less knee joint stabilization capacity (17% reduction) during the ovulation phase of the menstrual cycle, thereby concluding that women were more prone to knee injuries during this phase.

It is known that the increase in knee valgus during landing from a jump and/or during activities that involve deceleration and changes of direction, is one of the main factors associated with ACL injury [8,22]. During these functional activities, women show greater hip adduction and medial rotation and greater knee abduction excursions than men, resulting in a greater knee valgus angle [12]. Considering the role of the ACL as a secondary restraint for knee valgus [17], as well as the possibility of an inhibitory hormonal influence on its mechanical strength [16], it has been hypothesized that the biomechanical function of the ACL in stabilizing the knee joint could be compromised due to hormonal factors, leading the knee joint to greater abduction positions which could predispose to a greater risk of ACL injuries [7,8]. In a pathomechanical coupling between segments approach (explained by the closed kinetic chain theory), it is assumed that this increase in knee valgus position due to ACL laxity could also result in (or be the result of) greater hip adduction and medial rotation excursions, since these hip movements are the proximal components of the dynamic knee valgus [12].

The use of oral contraceptives (OC) has been suggested as a way of decreasing the ACL injury rate by stabilizing the hormonal fluctuation during the menstrual cycle [18]. However, little is known about their real effects on the biomechanical properties of the ligament and, consequently, on the risk of ACL injury. To date, few studies have assessed the effects of the use of OC on the laxity of the knee joint, as analyzed by arthrometry [4,18,20] and by the passive knee stiffness test [7]. On the whole, these studies have produced

1
2
3
4 contradictory results [4,7,10,18,20] Moreover, two epidemiological studies verified that the use of OC
5
6 apparently did not reduce the ACL injury rates amongst women athletes [3,21].
7

8
9 The facts pointed out show the need for further studies to better investigate the effect of OC on the
10 risk of ACL injury, carrying out studies that consider its possible influence not only on static assessments, but
11 also during situations of a functional and dynamic nature [10]. During dynamic assessments, both the passive
12 and dynamic stabilizers are supposed to act simultaneously to promote knee stability, whilst static
13 assessments are limited to emphasizing only the action of passive joint stabilizers [8]. Since ACL injuries
14 occur frequently during dynamic tasks, a dynamic assessment is encouraged because it emulates the injury
15 scenario, which occurs during loading bearing tasks [8]. Therefore the objective of this study was to
16 investigate the effect of the use of OC on the hip and knee kinematics in healthy women during a dynamic
17 and functional activity – the anterior stair descent. It was hypothesized that the use of OC would have a
18 positive influence on the hip and knee movements, with a reduction in the knee valgus movement (hip
19 adduction and medial rotation and knee abduction).
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

31 32 **Materials and Methods**

33 34 **Subjects**

35
36
37 Forty recreational athletes aged between 18-26 years from a college community took part in this
38 transversal study. A recreational athlete was defined as anyone participating in aerobic or athletic activity at
39 least 3 times per week [15]. Individuals with current injuries or previous surgery to the lower limb [19], or
40 who had cardiovascular, pulmonary, neurological or systemic conditions that limited physical activity [9]
41 were excluded.
42
43
44
45
46
47

48
49 The subjects were divided by convenience into two groups: 1) Group of women who had used OC
50 for at least 3 months prior to evaluation (OCG, $n=20$; 20.85 ± 1.46 years; 57.45 ± 6.29 kg, 1.63 ± 0.07 m) and 2 -
51
52 Group of women who had not used OC in the last six months prior to evaluation – control group (CG, $n=20$;
53
54 20.45 ± 1.73 years, 58.70 ± 8.38 kg, 1.62 ± 0.07 m). All the subjects read and signed an informed consent term
55
56 before the assessment, and all the testing procedures were approved by the University Ethics Committee
57
58 (Process n° 450/2009).
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4 Procedures
5

6 After the physical evaluation, a kinematic assessment of the dominant lower limb (determined by
7 asking which leg was used to kick a ball as far as possible) was carried out during anterior stair descent in the
8 pre-ovulatory stage (11th to 13th day) of the menstrual cycle (when the estrogen levels are higher), since this
9 period is considered by some authors to have a greater association with ACL injuries [19,21]. The trials were
10 recorded using four digital cameras (Panasonic NV-GS180, Matsushita Group, Japan) adjusted to the
11 acquisition frequency of 60 Hz and positioned so they could capture all the passive markers. The cameras
12 were located in front of (cameras 1 and 2) and postero-laterally (cameras 3 and 4) to the subjects. The frontal
13 cameras presented a 60° angle between them, while cameras 3 and 4 were angled 60° to the subject (120°
14 between them). For the calibration procedure, an object with dimensions of 1m x 1.8m x 0.8m was filmed in
15 the area where the subjects would perform the task. This object had 24 control points with known absolute
16 positions in relation to the Cartesian coordinate system. The global reference system was then defined with
17 this calibrated object, in which the Y axis was oriented upwards, the X axis was oriented anteriorly and the Z
18 axis oriented to the right of the subjects [27].
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

32 In each evaluation, nine passive reflective markers (10mm diameter) were positioned by the same
33 researcher at the following anatomical landmarks: both anterior superior iliac spines, first sacral vertebra,
34 prominence of the greater trochanter of the femur, lateral and medial epicondyle of the femur, head of the
35 fibula, and the lateral and medial malleolus. This marker distribution was necessary in order to determine the
36 hip and knee alignment during the anterior stair descent. The raw marker coordinates were tracked using the
37 software Dvideow (Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits) [19], which uses the direct linear
38 transformation (DLT) method for 3D representation [1].
39
40
41
42
43
44
45
46

47 The knee kinematics of each subject was analysed during the anterior stair descent. The subjects
48 were instructed to go to the top of a 3-step wooden staircase (height, depth and width of each step= 20.5, 27.5
49 and 60cm, respectively) and stand on it with the non-dominant limb off the top step and their arms crossed in
50 front of the thorax. The static standing trial was registered and used to determine the anatomical position of
51 the dominant hip and knee in the coronal and transversal (hip only) planes, with subsequent measurements
52 referring to this position. Standing in bipedal support on the top step, the subjects were asked to descend one
53 step, initiating the movement with the non-dominant limb (dominant limb in support) and finishing the
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4 movement with the dominant limb. The execution time of the task was standardized at 3.0 ± 0.3 seconds,
5
6 controlled by a progressive digital stopwatch (Timex marathon, Timex Group USA Inc, Middlebury, CT,
7
8 USA). Each subject completed 3 attempts for familiarization and 5 acceptable trials for the data analysis. If
9
10 any of the evaluation requirements was not completed, the attempt was invalidated and a new one carried out.
11
12 The averages of the dominant limb kinematic values obtained during the supporting phase from the 5
13
14 acceptable trials were used in the statistical analyses.
15

16
17 After recording the 3D coordinates for each marker, the data were submitted to the software Matlab
18 (Mathworks Inc., Natick, MA, USA) and analyzed using a low-pass 4th order Butterworth filter with a 5 Hz
19
20 cut-off frequency. The local coordinate systems of the pelvis, thigh and leg were then defined and algorithms
21
22 were created to quantify the joint angles. The hip and knee joint angles were calculated using the
23
24 mathematical convention of Euler angles, with the coordinate system of the distal segment relative to the
25
26 coordinate system of the proximal segment [14].
27
28

29 30 Outcome measures

31
32 The hip and knee kinematic variables studied were the maximum excursion of abduction/adduction
33
34 and medial/lateral rotation (hip only) and the abduction/adduction and medial/lateral rotation (hip only)
35
36 excursions at 50° of knee flexion. These variables were calculated by subtracting the hip and knee values
37
38 acquired under these conditions from that recorded in the static standing position. By convention, positive
39
40 values represent hip and knee adduction and hip medial rotation excursions and negative values represent hip
41
42 and knee abduction and hip lateral rotation excursions.
43

44
45 The degree of flexion (50°) was chosen, because previous observations in a pilot study revealed a
46
47 strong trend in women for increased hip adduction and knee abduction excursions with increasing knee
48
49 flexion angle during the anterior stair descent. As the height of the step could not be standardized in relation
50
51 to the volunteer's height, it was necessary to standardize knee flexion at an angle which all the subjects
52
53 achieved during the test. The experimental error was verified using a specific accuracy test [11], which
54
55 showed a system accuracy of 2.8 mm.
56

57 58 59 Statistical analysis

60
61
62
63
64
65

1
2
3
4 The statistical analyses were carried out using the Statistica software (version 5.0, StatSoft Inc,
5 Tulsa, OK, USA). After confirming normality (Kolmogorov–Smirnov test with Lilliefors’s correction), t-tests
6 for independent samples were carried out to verify if there were differences ($p < 0.05$) between the groups.
7
8 Cohen’s d value was calculated from the t-tests in order to represent the effect size of each variable.
9
10
11
12
13

14 Results

15
16
17
18 Table 1 shows similar anthropometric and demographic data, as well as similar hip and knee
19 kinematic measures in the anatomical position, between the groups (p -values ranged from 0.18-0.79). Thus
20 the samples were subject to comparison. Table 2 shows no difference between the groups regarding the
21 maximum excursion of hip adduction ($p=0.29$) and medial rotation ($p=0.42$), or the maximum excursion of
22 knee abduction ($p=0.58$). With respect to the values acquired with 50° knee flexion, there was no difference
23 between the groups regarding the excursion of hip adduction ($p=0.50$) or medial/lateral rotation ($p=0.19$), or
24 the excursion of knee abduction ($p=0.92$). The relative sizes (Cohen’s d) represented a negligible to medium
25 effect (values ranging from 0.03-0.44) – Tables 1 and 2.
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

36 Discussion

37
38
39
40 The aim of this study was to identify the effect of the use of OC on the hip adduction and medial
41 rotation and knee abduction measures in healthy women during the anterior stair descent. To the best of our
42 knowledge, this study is the first to examine the influence of OC on hip and knee kinematics in a dynamic
43 activity. Contrary to the hypothesis of a positive influence of OC on the hip and knee movements, the present
44 study showed no significant difference between OC users and non-users with respect to hip and knee
45 excursions in this functional task. Since no other studies have evaluated the influence of OC on hip and knee
46 kinematics, no direct comparisons could be made with the present results.
47
48
49
50
51
52
53

54
55 However, some studies evaluated the effect of OC in the mechanical properties of the ACL
56 [4,10,18,20] and on the risk of ACL injury [3,21]. From an applied perspective, only one of these studies
57 found that the use of OC presented a significant reduction in the anterior tibial translation, indicating that OC
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4 appeared to reduce knee laxity and might consequently have a protective role against joint injuries [18].
5
6 Regardless of the methodological differences, the present results did not support this hypothesis. In the same
7
8 way, two epidemiological studies [3,21] found no difference in the amount of injuries between athletes who
9
10 used OC and those who did not. However, the latter authors [21] observed that the pre-ovulatory phase was
11
12 associated with an increase in ACL injuries, which may indicate a hormonal influence on the occurrence of
13
14 this injury.
15

16
17 In an attempt to better understand the role of hormonal factors in the occurrence of ACL injuries,
18
19 some studies [24-26] have sought to observe any possible effect of supraphysiological doses of estrogen on
20
21 the animal ligament, as a way of inferring the effect of this hormone during the pre-ovulatory phase. These
22
23 studies provided controversial findings regarding the presence [25] or otherwise [24,26] of significant changes
24
25 in the rates of fibroblast proliferation and collagen synthesis in the ACL. However, it is important to note that
26
27 in one of these studies [25] the estrogen levels used were equivalent to those found in pregnant women, that
28
29 is, in much higher levels than those found in non-pregnant women. Thus the clinical relevance of this finding
30
31 should be evaluated carefully.
32

33
34 Although some studies have shown a positive relationship between the estrogen concentrations and
35
36 the incidence of ACL injuries [19,21,25] it should be noted that its reduced concentration (derived from the
37
38 regular use of OC) may not necessarily consist of a reverse mechanism, which would lead to an improvement
39
40 in the tensile properties of the ligament and hence minimize the risk of ACL injury. Thus the results of the
41
42 present study suggest that the protective mechanism attributed to these drugs [18] do not result in an opposite
43
44 effect to that seen in the situation of its overdose [25]. This concept was first stated by Seneviratne et al.
45
46 (2004) [24]. For these authors, any direct effect that the physiological levels of estrogen might have on the
47
48 mechanical properties of the ligament would be, at most, limited, since its endogenous concentration changes
49
50 are extremely dynamic.
51

52
53 Finally, there was no conclusive evidence that OC had a protective effect against ACL injury, and the
54
55 stabilizing effect of OC on the female hormonal profile and its ultimate impact on soft tissue behavior, injury
56
57 or performance is yet to be defined. Further studies are recommended to evaluate the effects of OC on other
58
59 biomechanical and neuromuscular characteristics in women, such as muscular activation patterns and lower
60
61 limb kinetics in OC users. Since the use of OC has been suggested to reduce the variations in menstrual cycle-
62
63
64
65

1
2
3
4 induced knee laxity and potentially reduce the risk of ACL injury in female athletes [18], the elucidation of
5 this relationship could help to further an understanding of joint stability and injury risk factors.
6
7

8 The authors recognize some limitations related to the current study. First, the sample size used could
9 be considered small ($n=20$) for the purposes of the study. However, a retrospective power-analysis revealed
10 that the t-tests used had a low power level (values ranging from 0.06-0.39) to detect differences between the
11 groups. This fact indicated that a larger number of subjects per group (n values ranging from 65-3436) were
12 needed to detect the minimum kinematic differences between the groups, considering $\alpha=0.05$ and $\beta=0.20$.
13 Therefore the authors believe there are reasonable arguments to accept the null hypothesis. Secondly, anterior
14 stair descent may be considered a low-demand task when compared to other activities commonly related to
15 ACL injuries, such as landing from a jump or running [12,22], but another limitation of this study was the
16 system acquisition frequency of 60 Hz. A high-demand activity involves explosive movements at greater
17 speeds, and to calculate the hip and knee angles with appropriate accuracy the use of digital cameras with
18 greater acquisition frequency would be necessary. Thus a slower functional activity had to be chosen. The
19 anterior stair descent was chosen because it is a very simple weight-bearing functional task used in the clinical
20 setting, and has also been used in other studies [6,23] to evaluate lower limb function. Although it is a low-
21 demand activity, the authors believe that the lower limb kinematics could be assessed accordingly by this
22 task, in a similar way to that involved in other more complex weight-bearing activities.
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

41 **Conclusion**

42
43
44
45 The use of OC appears not to influence the hip and knee kinematics in healthy women during the
46 anterior stair descent. Therefore the role of this medication as a protective factor against anterior cruciate
47 ligament injuries remains questionable.
48
49
50
51
52

53 **Acknowledgments**

54
55 This project was financially supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
56 Tecnológico (CNPq) - Process nº 479177/2008-2. The authors would also like to acknowledge assistance
57 from the PIBIC/CNPq/UFSCar.
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

Conflict of interest statement

The authors declare that there are no conflicting interests.

References

1. Abdel-Aziz YL, Kahara HM. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates. Symposium on close-range photogrammetry. Falls Church, Va: American Society of Photogrammetry; 1971. p. 1–18.
2. Adachi N, Nawata K, Maeta M, Kurozawa Y. Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128: 473–478.
3. Agel J, Bershadsky B, Arendt EA. Hormonal Therapy: ACL and ankle injury. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(1): 7-12.
4. Arendt EA, Bershadsky B, Agel J. Periodicity of noncontact anterior cruciate ligament injuries during menstrual cycle. *J Gend Specif Med* 2002; 5(2): 19-26.
5. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med* 1995; 23: 694-701.
6. Brindle TJ, Mattacola C, McCrory J. Electromyographic changes in the gluteus medius during stair ascent and descent in subjects with anterior knee pain. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003; 11(4): 244-251.
7. Cammarata ML, Dhaher YY. The differential effects of gender, anthropometry, and prior hormonal state on frontal plane knee joint stiffness. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008; 23(7): 937-945.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

8. Cesar GM, Pereira VS, Santiago PRP, Benze BG, Lobo da Costa PH, Amorim CF et al. Variations in dynamic knee valgus and gluteus medius onset timing in non-athletic females related to hormonal changes during the menstrual cycle. *The Knee* 2011; 18(4): 224-230.
9. Chappell JD, Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *Am J Sports Med* 2002; 30(2): 261-267.
10. Chaudhari AMW, Lindenfeld TN, Andriacchi TP, Hewett TE, Riccobene J, Myer GD et al. Knee and hip loadings patterns at different phases in the menstrual cycle – Implications for the gender difference in anterior cruciate ligament injury rates. *Am J Sports Med* 2007; 35(5): 793-800.
11. 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: 251-255.
12. Ferber R, Davis IM, Williams DS. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clin Biomech* 2003; 18(4): 350-357.
13. Figueroa PJ, Leite NJ, Barros RM. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput Methods Programs Biomed* 2003; 72(2): 155-165.
14. Grood ES, Suntay WJ. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: Application to the knee. *J Biomech Engin* 1983; 105: 136-144.
15. Heinert BL, Kernozek TW, Greany JF, Fater DCJ. Hip abductor weakness and lower extremity kinematics during running. *J Sport Rehabil* 2008; 7(3): 243-256.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

16. Liu SH, Al-Shaikh R, Panossian V, Yang RS, Nelson SD, Soleiman N et al. Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cell in the human anterior cruciate ligament. *J Orthop Res* 1996; 14: 526-533.

17. 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: 930-935.

18. Martineau PA, Al-Jassir F, Lenczner E, Burman ML. Effect of the oral contraceptive pill on ligamentous laxity. *Clin J Sports Med* 2004; 14(5): 281-286.

19. Park SK, Stefanyshyn DJ, Loitz-Ramage B, Hart DA, Ronsky JL. Changing hormone levels during the menstrual cycle affect knee laxity and stiffness in healthy female subjects. *Am J Sports Med* 2009; 37: 588-598.

20. Pokorny MJ, Smith TD, Calus SA, Dennison EA. Self-reported oral contraceptive use and peripheral joint laxity. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000; 30: 683-692.

21. Ruedl G, Ploner P, Linortner I, Schranz A, Fink C, Sommersacher R et al. Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17(9): 1065-1069.

22. 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.

23. Salsich GB, Brechter JH, Powers CM. Lower extremity kinetics during stair ambulation in patients with and without patellofemoral pain. *Clin Biomech* 2001; 16: 906-912.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

24. Seneviratne A, Attia E, Williams RJ, Rodeo SA, Hannafin JA. The effect of estrogen on ovine anterior cruciate ligament fibroblasts. *Am J Sports Med* 2004; 32: 1613-1618.

25. Slauterbeck JR, Fuzie SF, Smith MP, Clark RJ, Xu K, Starch DW et al. The menstrual cycle, sex hormones and anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train* 2002; 37(3): 275-280.

26. Strickland SM, Belknap TW, Turner SA, Wright TM, Hannafin JA. Lack of hormonal influences on mechanical properties of sheep knee ligaments. *Am J Sports Med* 2003; 31: 210-215.

27. Wu G, Cavanagh PR. ISB recommendations for standardization in the reporting of kinematic data. *J Biomech* 1995; 28: 1257-1261.

Cover Letter
[Common.Links.ClickHereToDownload](#)

To Professors Jon Karlsson and René Verdonk
Editors-In-Chief, Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy

We are submitting the following manuscript “Effects of the use of oral contraceptives on hip and knee kinematics in healthy women during anterior stair descent” (Authors: Daniel Ferreira Moreira Lobato, Rodrigo de Marche Baldon, Paloma Yan Lam Wun, Paulo Roberto Pereira Santiago, Fabio Viadanna Serrao) to Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.

We affirm that every author has contributed substantially to the work and all of them has read and concurs with the content in the final manuscript. The material within has not been and will not be submitted for publication elsewhere except as an abstract. Also, it did not have any financial or other relationships that might lead to a conflict of interest.

Sincerely,

Prof. Dr. Fábio V. Serrão
Federal University of Sao Carlos – Sao Carlos – Brazil
Rodovia Washington Luis, km 235
CEP: 13565-905, São Carlos, SP, Brasil
E-mail address: fserrao@ufscar.br

Table 1

Table 1 Anthropometric, demographic and kinematic measures in the anatomical position (mean and SD) (n=20).

Variable	OCG	CG	p-value	Cohen <i>d</i>
Age (years)	20.85±1.46	20.45±1.73	0.43	0.26
Height (m)	1.63±0.07	1.62±0.07	0.65	-0.17
Mass (kg)	57.45±6.29	58.70±8.38	0.60	0.15
Knee abduction (-) / adduction (+) in the anatomical position (°)	-1.4±2.8	-2.5±2.3	0.18	0.44
Hip abduction (-) / adduction (+) in the anatomical position (°)	5.8±1.9	6.0±2.3	0.79	-0.09
Hip lateral (-) / medial (+) rotation in the anatomical position (°)	4.5±7.4	2.5±7.8	0.42	0.26

OCG – Oral contraceptive group; CG – Control group

Table 2

Table 2 Hip and knee kinematic measures during anterior stair descent (mean and SD) (n=20).

Variable	OCG	CG	p-value	Cohen <i>d</i>
Maximum excursion of knee abduction (-) / adduction (+) (°)	-8.0±5.6	-7.1±4.7	0.58	0.18
Maximum excursion of hip abduction (-) / adduction (+) (°)	9.5±3.3	8.3±3.4	0.29	0.35
Maximum excursion of hip lateral (-) / medial rotation (+) (°)	5.4±3.2	6.3±3.9	0.42	-0.26
Knee abduction (-) / adduction (+) excursion with 50° knee flexion (°)	-2.5±6.0	-2.7±4.6	0.92	0.03
Hip abduction (-) / adduction (+) excursion with 50° knee flexion (°)	7.1±2.9	6.4±3.6	0.50	0.22
Hip lateral (-) / medial rotation (+) excursion with 50° knee flexion (°)	-2.3±5.0	0.0±5.9	0.19	-0.43

OCG – Oral contraceptive group; CG – Control group

ANEXO IV

PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS NA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (nº450/2009)



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/FORTELECIMENTO 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), Andréa 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

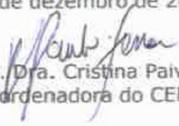
O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

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.


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