



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA  
Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia  
Área de Concentração: Fisioterapia e Desempenho Funcional



**VINÍCIUS BIANQUINI VITERBO MONTILHA**

**ASSOCIAÇÃO ENTRE O TORQUE ABDUTOR DO QUADRIL E DOS TORQUES  
FLEXOR E EXTENSOR DO JOELHO COM O MOMENTO EXTERNO ABDUTOR  
DO JOELHO DURANTE O *SIDE-STEP CUTTING*.**

**SÃO CARLOS  
2025**

---

VINÍCIUS BIANQUINI VITERBO MONTILHA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Fisioterapia (PPGFt) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia. Área de Concentração: Fisioterapia e Desempenho Funcional. Linha de Pesquisa: Fisioterapia em Ortopedia/Traumatologia, Esportes e Reumatologia

**Orientador:** Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão

### **Apoio Financeiro**

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – **CAPES** (Código de Financiamento 001).

**SÃO CARLOS  
2025**

## FOLHA DE ROSTO

Este documento compõe a versão original da dissertação de mestrado do aluno Vinícius Bianchini Viterbo Montilha, intitulado “**Associação entre o torque abdutor do quadril e dos torques flexor e extensor do joelho com o momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting***”.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

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

---

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

---

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Vinícius Bianchini Viterbo Montilha,  
realizada em 26/02/2025.

**Comissão Julgadora:**

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão (UFSCar)

Prof. Dr. Rodrigo Scattone da Silva (UFRN)

Profa. Dra. Paula Rezende Camargo (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia.

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha mãe, Iliana Amalia Bianchini. Obrigado pelo suporte em todos os momentos da minha vida. Esse trabalho é apenas uma expressão, de uma função intangível que a senhora proporciona em minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, **Iliana**. Difícil descrever e tentar falar o que não pode ser mensurado, entretanto ousou expressar meus sentimentos, mesmo que de maneira singela, minha sincera gratidão e amor. Hoje posso lutar pelos meus sonhos e almejar voos altos por que tenho você me dando asas. Você é a razão e base dos meus propósitos profissionais e pessoais, obrigado por me inspirar tanto. Obrigado!

Agradeço também a minha tia-avó, **Dina**, que por incontáveis madrugadas estava orando ou torcendo para o meu sucesso ou simplesmente para que eu estivesse bem, e que por muitas vezes somente me esperava chegar para falar boa noite e ir dormir. Obrigado!

Ao meu padrinho, **José**, que como um pai sempre esteve ao meu lado para me aconselhar, cuidar e orientar. Você é um exemplo de pai, homem, pessoa, sempre me espelho e gosto de ouvir atenciosamente aos seus conselhos e histórias, com isso estou sempre prestando atenção para me desenvolver e aprender mais. Obrigado!

Gostaria de agradecer ao professor **Fabinho**, por toda orientação, apoio, confiança e parceria desde a época da graduação e depois durante o período da realização desse trabalho. Assim como já te disse pessoalmente, reafirmo que o Sr. é uma inspiração e referência para mim como professor e pessoa. Muito obrigado por todas os ensinamentos, puxões de orelhas e risadas, tenho consciência que meu desenvolvimento é fruto de um convívio e uma boa relação com senhor.

Aos meus amigos e companheiros de vida acadêmica, tanto do Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT), **Hygor, Bruna, Leticia e Maju**, como do Laboratório de Pesquisa em Reumatologia e Reabilitação da Mão (LaPRem), **Paulinha, Gustavo, Décio, Karol, Cris, Bia e Victor** meu muito obrigado pelo convívio e troca constante de ideias. Acredito que essa jornada foi bem mais divertida e fácil graças a vocês. Salvo um agradecimento em especial ao **Cassius**, que sempre esteve comigo nessa jornada acadêmica e se tornou um amigo muito especial. Sua amizade e parceria foram de grande importância nessa trajetória.

Aos meus amigos e irmãos do coração, **Moraes, Pimenta, Pedro, Paulo, Mateus, Luiz, Vinicius, Hamilton** que estavam ali sempre pra me ouvir, me incentivar nos momentos difíceis e compartilhar alegria e risadas nos momentos felizes também. Acredito que sem isso, tudo seria mais difícil. Obrigado!

Agradeço a **Capes** pelo apoio financeiro que viabilizou a realização desse estudo.

A **banca examinadora** pelo aceite, leitura e considerações. Muito obrigado pelas contribuições.

A todos os **professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da UFSCar** pela dedicação e excelência, contribuindo com maestria para a minha formação e aperfeiçoamento profissional.

Por fim, agradeço a minha casa, **UFSCar**, um lugar que me traz paz, tranquilidade e energia. Lugar que venho desde criança, lugar que me sinto tranquilo, feliz e cheio de energia positiva. Com toda a certeza, escolher e ser mais um da melhor do meu Brasil, foi uma das melhores decisões da minha vida.

## RESUMO

A maioria das lesões do ligamento cruzado anterior (LCA) no esporte ocorre por mecanismos sem contato, durante tarefas que exigem aterrissagem de um salto, desaceleração e/ou mudança de direção. O momento externo abdutor do joelho é um fator preditor da lesão primária do LCA em mulheres atletas. O *side-step cutting* é uma tarefa comumente realizada em esportes e envolve a desaceleração e a mudança de direção. Estudos prévios mostraram que há um alto momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting*. Embora alguns estudos tenham identificado alguns fatores preditores do momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting*, pouco se sabe sobre a associação entre a força de músculos do quadril e joelho e o momento externo abdutor do joelho, em mulheres atletas saudáveis, durante a realização dessa tarefa motora. Assim, o objetivo desse estudo foi verificar se há associação entre os torques isométricos abdutor do quadril, flexor e extensor do joelho e da razão torque flexor/extensor do joelho com o momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting* em 45°. Participaram do estudo 21 mulheres atletas saudáveis (21,8±2,65 anos). O torque isométrico abdutor do quadril, e os torques isométricos flexor e extensor do joelho foram avaliados usando a dinamometria manual. O momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting* foi calculado por meio de dinâmica inversa. Os torques do quadril e joelho e o momento externo abdutor do joelho foram normalizados pelo peso corporal e altura de cada participante. A associação entre as medidas de torque e o momento externo abdutor do joelho foi avaliada por meio de uma generalização quadrática do  $\rho$  ao quadrado ( $\rho^2$ ) de *Spearman*, com um nível de significância estatística de 5%. Não houve associação entre os torques abdutor do quadril ( $\rho^2 = 0,16$ ;  $p = 0,204$ ), flexor ( $\rho^2 = 0,04$ ;  $p = 0,672$ ) e extensor ( $\rho^2 = 0,20$ ;  $p = 0,130$ ) do joelho e da razão torque flexor/extensor do joelho ( $\rho^2 = 0,08$ ;  $p = 0,459$ ) com o momento externo abdutor do joelho. Em mulheres atletas saudáveis, os torques abdutor do quadril, flexor e extensor do joelho e a razão torque flexor/extensor do joelho, avaliados pela dinamometria manual, não estão associados com o momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting* em 45°.

**Palavras-chave:** ligamento cruzado anterior, lesão, biomecânica, cinética

## ABSTRACT

Most anterior cruciate ligament (ACL) injuries in sports result from non-contact mechanisms, occurring during activities that involve jump landing, deceleration, and/or changes of direction. The external knee abduction moment is a predictor of primary ACL injury in female athletes. Side-step cutting is a common task in sports involving deceleration and change of direction. Previous research has indicated a high external knee abduction moment during side-step cutting. Although some studies have identified predictors of external knee abduction moment during side-step cutting, little is known regarding the association between hip and knee muscle strength and the external knee abduction moment in healthy female athletes performing this task. Therefore, the aim of this study was to investigate whether there is an association between isometric hip abductor torque, knee flexor and extensor torque, and the knee flexor/extensor torque ratio with the external knee abduction moment during 45° side-step cutting. Twenty-one healthy female athletes ( $21.8 \pm 2.65$  years) participated in this study. Isometric hip abductor torque and knee flexor and extensor torque were measured using handheld dynamometry. The external knee abduction moment during side-step cutting was calculated through inverse dynamics procedures. The hip and knee torque, as well as the external knee abduction moment were normalized by each participant's body weight and height. The association between torque measures and the external knee abduction moment was evaluated using a quadratic rank generalization of Spearman's rho squared ( $\rho^2$ ) with a statistical significance level set at 5%. No association was found between hip abductor torque ( $\rho^2 = 0,16$ ;  $p = 0,204$ ), knee flexor torque ( $\rho^2 = 0,04$ ;  $p = 0,672$ ), knee extensor torque ( $\rho^2 = 0,20$ ;  $p = 0,130$ ), and the knee flexor/extensor torque ratio ( $\rho^2 = 0,08$ ;  $p = 0,459$ ) with the external knee abduction moment. Thus, in healthy female athletes, the isometric hip abductor torque, knee flexor and extensor torque, and the knee flexor/extensor torque ratio, assessed by handheld dynamometry, are not associated with the external knee abduction moment during 45° side-step cutting.

**Keywords:** anterior cruciate ligament, injury, biomechanics, kinetics

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Momento externo abductor do joelho (membro inferior esquerdo) durante a execução do *side-step cutting*. Vetor na cor vermelha representa a força de reação do solo.....**23**
- Figura 2-** *Set-up* da avaliação biomecânica durante o *side-step cutting*.....**32**
- Figura 3-** Gráficos de dispersão das correlações entre o torque abductor do quadril (A), flexor do joelho (B), extensor do joelho (C) e da razão torque flexor/extensor do joelho (D) com o momento externo abductor do joelho.....**39**

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1-** Características demográficas e antropométricas das participantes.....**37**

**Tabela 2-** Valores de pico dos torques isométricos e do momento externo abdutor do joelho normalizados [média (desvio-padrão); mediana (intervalo interquartil)].....**38**

**Tabela 3-** Generalização quadrática do  $\rho$  ao quadrado ( $\rho^2$ ) de *Spearman* e valores de p (p) entre os torques isométricos e o momento externo abdutor do joelho (n = 21).....**38**

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|               |   |
|---------------|---|
| <b>PPGft</b>  | Programa de Pós Graduação em Fisioterapia                                   |
| <b>UFSCar</b> | Universidade Federal de São Carlos  |
| <b>LAIOT</b>  | Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia         |
| <b>DFisio</b> | Departamento de Fisioterapia  |
| <b>CAPES</b>  | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior                 |
| <b>LCA</b>    | Ligamento Cruzado Anterior  |
| <b>STROBE</b> | <i>Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology</i> |
| <b>PC</b>     | Peso Corporal   |
| <b>A</b>      | Altura  |
| <b>JCR</b>    | Journal Citation Reports  |
| <b>PROEX</b>  | Pró-Reitoria de Extensão  |

## 1 Sumário

|   |             |
|---|-------------|
| <b><u>CONTEXTUALIZAÇÃO/PREFÁCIO</u></b>   | <b>14</b>   |
| <b>1.1. INSERÇÃO NA LINHA DE PESQUISA DO ORIENTADOR E DO PROGRAMA.....</b>          | <b>14</b>   |
| <b>1.2. ESTÁGIOS .....</b>  | <b>14</b>   |
| <b>1.3. ORIGINALIDADE .....</b>   | <b>15</b>   |
| <b>1.4. CONTRIBUIÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA PARA O AVANÇO CIENTÍFICO .....</b>  | <b>15</b>   |
| <b>1.5. RELEVÂNCIA SOCIAL .....</b>   | <b>16</b>   |
| <b>1.6. LISTA DE REFERÊNCIAS DE ARTIGOS.....</b>                                    | <b>16</b>   |
| 1.6.1. ARTIGOS PUBLICADOS .....   | 16          |
| 1.6.2. ARTIGOS SUBMETIDOS OU EM FASE DE SUBMISSÃO .....                             | 166         |
| 1.7. PARTICIPAÇÃO EM PROJETOS DE PESQUISA E EXTENSÃO .....                          | 17          |
| <b>1.10. LINK DO CURRÍCULO LATTES E ORCID DO ALUNO.....</b>                         | <b>18</b>   |
| <b>1.11. DESCRIÇÃO DA DISSERTAÇÃO PARA O PÚBLICO LEIGO.....</b>                     | <b>188</b>  |
| <b><u>2 REVISÃO DA LITERATURA</u></b>   | <b>1919</b> |
| <b>2.1. ANATOMIA E PAPEL MECÂNICO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA).....</b>      | <b>1919</b> |
| <b>2.2. EPIDEMIOLOGIA DA LESÃO DO LCA .....</b>                                     | <b>19</b>   |
| <b>2.3. MECANISMO DE LESÃO DO LCA .....</b>   | <b>200</b>  |
| <b>2.4. FATORES DE RISCO PARA A LESÃO PRIMÁRIA DO LCA EM MULHERES ATLETAS .....</b> | <b>200</b>  |
| <b>2.5. FATORES ASSOCIADOS AO AUMENTO DO MOMENTO EXTERNO ABDUTOR DO JOELHO ..</b>   | <b>222</b>  |
| <b><u>3 OBJETIVOS GERAIS DA PESQUISA</u></b>  | <b>244</b>  |
| <b><u>4 MANUSCRITO .....</u></b>  | <b>255</b>  |
| <b><u>5 CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO .....</u></b>                                      | <b>444</b>  |
| <b><u>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</u></b>  | <b>4545</b> |
| <b><u>7 REFERÊNCIAS .....</u></b>   | <b>466</b>  |
| <b><u>8 APÊNDICE 1 – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA</u></b>                 | <b>511</b>  |
| <b><u>9 APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</u></b>             | <b>588</b>  |

## CONTEXTUALIZAÇÃO/PREFÁCIO

---

### 1.1. Inserção na linha de pesquisa do orientador e do Programa

A presente dissertação é apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia, pelo Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia (PPGfT) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), SP – Brasil. A dissertação está alinhada com a área de concentração “Fisioterapia e Desempenho Funcional” e com a linha de pesquisa do PPGfT “Fisioterapia em Ortopedia/Traumatologia, Esportes e Reumatologia”. O aluno ingressou no curso de Mestrado em março de 2023. O projeto foi desenvolvido e realizado no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT), sob a orientação do Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão, professor titular do Departamento de Fisioterapia (DFisio) da UFSCar. O presente trabalho foi realizado com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

### 1.2. Estágios

Durante o primeiro ano do período como aluno de pós-graduação tive a oportunidade de realizar a capacitação docente em uma disciplina do Departamento de Fisioterapia da UFSCar. A primeira capacitação docente, no primeiro semestre de 2023, foi na disciplina de Fisioterapia em Ortopedia e Traumatologia, conduzida pelo Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão e pela Profa. Dra. Stela Márcia Mattiello. Nessa capacitação tive a oportunidade de ministrar aulas e, ainda, auxiliar os professores responsáveis nas aulas teóricas e práticas. No semestre seguinte, fui colaborador na disciplina de Fisioterapia Esportiva, conduzida pelo Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão, onde auxiliava o professor responsável na preparação e condução das aulas e tive a oportunidade de ser um dos responsáveis por ministrar uma aula prática intitulada “Bandagens Rígidas no Esporte”.

### **1.3. Originalidade**

O estudo aqui apresentado se propôs investigar a associação entre a força dos músculos abdutores do quadril e dos músculos flexores e extensores do joelho com o momento externo abductor do joelho, em mulheres atletas, durante o *side-step cutting*. O momento externo abductor do joelho é um fator preditor da lesão primária do LCA. Embora alguns estudos tenham identificado alguns fatores preditores do momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting*, a associação entre a força dos músculos do quadril e do joelho com o momento externo abductor do joelho durante essa tarefa foi pouco explorada até o momento. Adicionalmente, alguns estudos que avaliaram a relação entre a força muscular e o momento externo abductor do joelho durante a fase de aterrissagem de diferentes saltos usaram o dinamômetro isocinético como instrumento para a avaliação do desempenho muscular. Embora os dinamômetros isocinéticos sejam considerados padrão-ouro para a avaliação do desempenho muscular, seu alto custo inviabiliza seu amplo uso na prática clínica. Por outro lado, além de confiáveis para a avaliação da força isométrica dos músculos do quadril e do joelho, os dinamômetros manuais (*handheld dynamometer*) possuem menor custo, são portáteis e permitem uma rápida aquisição dos dados, sendo então, mais amplamente usados na prática clínica. Diante disso, no presente estudo, a força dos músculos abdutores do quadril e dos flexores e extensores do joelho foi avaliada usando um dinamômetro manual.

### **1.4. Contribuição dos resultados da pesquisa para o avanço científico**

Apesar da avaliação do desempenho muscular por meio da dinamometria manual ser amplamente realizada na prática clínica, os resultados do nosso estudo mostraram que os torques isométricos abductor do quadril, flexor e extensor do joelho e a razão torque flexor/extensor do joelho, quando avaliados por meio desse instrumento de medida, não estão associados ao pico do momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting* (45°) em mulheres saudáveis. Assim, embora alguns estudos anteriores tenham mostrado alguma relação entre o torque do quadril e joelho com o momento externo abductor do joelho usando dinamômetros isocinéticos, parece

que essa associação não ocorre quanto os torques dessas articulações são avaliados por meio de dinamômetros manuais.

### **1.5. Relevância social**

A reconstrução do LCA e a reabilitação após a cirurgia resultam em altos custos aos sistemas de saúde. Ademais, mesmo sendo submetidos à reconstrução do LCA, os pacientes continuam a ter um risco aumentado de desenvolver osteoartrite do joelho e de serem submetidos a artroplastia total dessa articulação. Assim, embora a natureza transversal do nosso estudo não permita estabelecer relação de causa e consequência, ele permite compreender melhor se a força dos músculos do quadril e joelho, avaliadas por meio de um método extensivamente usado na prática clínica (a dinamometria manual), está associada a um importante fator preditor da lesão do LCA em mulheres atletas, o momento externo abductor do joelho.

### **1.6. Lista de referências de artigos**

#### **1.6.1. Artigos publicados**

Ramalho RB, Casonato NA, Montilha VB, Chaves TC, Mattiello SM, Selistre LFA. Construct Validity and Responsiveness of Performance-based Tests in Individuals With Knee Osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2024;105(10):1862-1869. doi:10.1016/j.apmr.2024.05.024

#### **1.6.2. Artigos submetidos ou em fase de submissão**

Vinícius Bianchini Viterbo Montilha, Cassius Iury Anselmo e Silva, Lucas Becker, Hygor Ferreira da Silva e Fábio Viadanna Serrão. Relação entre os torques isométricos do quadril e joelho com o momento externo abductor do joelho durante o side-step cutting em mulheres atletas saudáveis. *Physical Therapy in Sport.* 2025 (JCR: 2,2)

## 1.7. Participação em projetos de pesquisa e extensão

### 1.7.1. Colaboração na coleta de dados:

- Participação no projeto de mestrado do aluno Cassius Iury Anselmo e Silva, do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da UFSCar
- **Título:** Cinemática do tronco, pelve, quadril e joelho durante o agachamento unipodal em mulheres com e sem dor femoropatelar – uma análise usando *Statistical Parametric Mapping*.

### 1.7.2. Supervisão em projeto de extensão:

- Ambulatório de Fisioterapia Esportiva. 2024 UFSCar (Processo Proex 23112.011433/2021-61)  
**Atuação:** Supervisor  
**Coordenador:** Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão.

### 1.7.3. Coorientação de iniciação científica:

- **Título:** Diferenças biomecânicas entre jogadoras de futebol e handebol durante o *side-step cutting*. (2024)
- **Aluno:** Lucas Becker  
**Orientador:** Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão  
**Financiamento:** Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

## 1.8. Participação em bancas de trabalho de conclusão de curso:

- **Título:** Associação entre as características físicas e psicológicas com a intensidade da dor e a incapacidade de corredores com dor femoropatelar – Um estudo transversal
- **Aluno:** Gabriel Prandini da Silva  
**Orientador:** Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão  
**Coorientador:** Hygor Ferreira da Silva  
**Ano:** 2024

### **1.9. Capacitação docente:**

- **Estágio em docência** na disciplina Fisioterapia em Ortopedia.

**Professor responsável:** Profa. Dr. Fábio Viadanna Serrão e Profa. Dra. Stella Márcia Mattiello.

**Atividade:** Auxílio na condução de aulas teóricas a atividades didáticas. Preparação e apresentação de uma aula expositiva sobre Segmento Toracolombar, abordando incidência e prevalência, patofisiologia, manifestações clínicas e tratamento.

- **Estágio em docência** na disciplina Fisioterapia Esportiva,

**Professor responsável:** Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão.

**Atividade:** Auxílio na condução de aulas teóricas e práticas, elaboração e exposição de aula prática com o tema Bandagens.

### **1.10. Link do currículo Lattes e ORCID do aluno**

**Link do Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/2705155120331182>

**Link do ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1714-4679>

### **1.11. Descrição da dissertação para o público leigo**

Este trabalho estudou mulheres atletas sem dor ou lesão nos joelhos para entender melhor se a força dos músculos do quadril e joelho está associada com as cargas aplicadas no joelho quando uma pessoa está correndo para frente e, de repente, muda a direção da corrida para a direita ou para a esquerda. Há no joelho um importante ligamento chamado ligamento cruzado anterior. É muito comum esse ligamento lesionar durante a prática de esportes quando a atleta está correndo para frente e, de repente, muda de direção. O problema é que quando esse ligamento é lesionado usualmente a atleta tem que submeter a uma cirurgia. Assim, a ideia do estudo foi verificar se há associação entre a força dos músculos do quadril e as cargas aplicada no joelho durante esse movimento em que a pessoa muda de direção pois, se houver, poderíamos pensar em fazer exercícios para aumentar a força desses músculos.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

---

### **2.1. Anatomia e papel mecânico do Ligamento Cruzado Anterior (LCA)**

O Ligamento Cruzado Anterior (LCA) é uma estrutura responsável por contribuir para estabilização estática da articulação do joelho. O LCA é formado por duas bandas, ântero-medial e póstero-lateral (CHRISTEL et al., 2012). Sua inserção óssea femoral está localizada na parte posterior da superfície medial do côndilo lateral, enquanto na tibia ele está inserido em uma fossa localizada anterior e lateralmente à espinha medial da tíbia (CHRISTEL et al., 2012). Sua função primária é restringir a translação anterior da tíbia em relação ao fêmur, enquanto suas funções secundárias são controlar a rotação medial, o varo e o valgo do joelho, principalmente quando essa articulação está próxima à extensão completa (MARKOLF et al., 1995; CHRISTEL et al., 2012; DUTHON et al., 2006).

### **2.2. Epidemiologia da lesão do LCA**

Em uma recente revisão sistemática com meta-análise, Chia et al. (CHIA et al., 2022) encontraram que a incidência de lesões do LCA sem contato, em esportes coletivos com bola, foi de 0,07 por 1.000 jogadores-hora e 0,05 por 1.000 exposições de jogadores. Nessa revisão os autores ainda identificaram uma maior incidência de lesão do LCA em mulheres atletas (0,14 por 1.000 jogadores-hora) do que em homens atletas (0,05 por 1.000 jogadores-hora). De fato, Thompson et al. (2017) relataram que a chance de mulheres atletas lesionarem o LCA é 2 a 9 vezes maior do que os homens atletas. Por fim, os autores de uma outra recente revisão sistemática com meta-regressão concluiu que a probabilidade de mulheres atletas lesionarem o LCA foi 2,15 vezes maior do que homens atletas, sem diferenças entre os sexos para outras lesões tais como entorse de tornozelo, concussão e lesões no tendão de Aquiles (ZECH et al., 2022).

### 2.3. Mecanismo de lesão do LCA

Os mecanismos de lesão do LCA podem ser decorrentes de traumas diretos no corpo do atleta ou sem contato entre os atletas, sendo o segundo mecanismo o mais comum (cerca de 70% das lesões) (THOMPSON et al., 2017) . Essas lesões sem contato usualmente ocorrem durante atividades que exigem aterrissagem de um salto, desaceleração e/ou mudança de direção (BODEN et al., 2000). Ainda sobre o mecanismo de lesão sem contato, após analisarem 20 vídeos de lesões do LCA no handebol, Olsen et al. (OLSEN et al., 2004) reportaram que o principal mecanismo envolveu uma combinação de abdução/valgo e rotação medial ou lateral do joelho, com o joelho próximo a extensão completa, enquanto os pés estavam apoiados no solo e as atletas realizando uma mudança de direção. Similarmente, dois estudos mais recentes encontraram que a maioria das lesões do LCA sem contato em jogadoras de futebol ocorreu durante a desaceleração e mudança de direção (enquanto as atletas pressionavam ou desarmavam a adversária), com o joelho posicionado em valgo e próximo à extensão completa. (ACHENBACH et al., 2024; LUCARNO et al., 2021)

### 2.4. Fatores de risco para a lesão primária do LCA em mulheres atletas

Em um importante estudo prospectivo, Hewett et al. (HEWETT et al., 2005) se propuseram a identificar os fatores de risco biomecânicos para a lesão do LCA em mulheres atletas. Os autores encontraram o ângulo de abdução do joelho na aterrissagem do *drop vertical jump test* (teste em que o atleta salta de uma caixa para o chão e, em seguida, realiza um salto vertical máximo) foi 8 graus maior nas atletas que tiveram a lesão do LCA do que nas atletas que não apresentaram a lesão. Além disso, as atletas que lesionaram o LCA tiveram um momento externo abductor do joelho 2,5 vezes maior que aquelas que não se lesionaram. Esses autores relataram que o momento externo abductor do joelho durante a aterrissagem do *drop vertical jump test* foi fator preditivo da lesão primária do LCA em mulheres atletas com 78% de sensibilidade e 73% de especificidade. De fato, tanto estudos em cadáveres quanto *in vivo* (FUKUDA et al., 2003; KANAMORI et al., 2000; LLOYD; BUCHANAN, 2001; MARKOLF et al., 1995), demonstraram que o maior momento externo abductor do joelho se associou com uma maior deformação do LCA.

O *side-step cutting* é uma tarefa comumente realizada em esportes (por exemplo, no futebol) que envolve tanto a desaceleração como a mudança de direção (STEARNS; POLLARD, 2013). Kristianslund & Krosshaug (KRISTIANSLUND; KROSSHAUG, 2013) relataram que o momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting* foi seis vezes maior daquele encontrado durante o *drop vertical jump test*. Assim, é hipotetizado que investigar o momento externo abductor do joelho durante uma tarefa que impõem maior risco de lesão do LCA, tal como o *side-step cutting*, é mais importante do que durante tarefas mais comumente avaliadas, tal como o *drop vertical jump test*.

As forças que atuam no sistema músculo-esquelético podem ser divididas em internas e externas. As forças internas são produzidas por estruturas localizadas dentro do corpo. As forças internas podem ser passivas ou ativas. As forças internas passivas são decorrentes da tensão gerada nos tecidos conectivos, tais como os ligamentos e cápsula articular, quando eles são alongados. Já as forças internas ativas são produzidas pela contração muscular. As forças externas são aquelas que atuam externamente ao corpo, tais como a força da gravidade e a força de reação do solo (DONALD A. NEUMANN, 2017).

De acordo com a Terceira Lei de Newton, para cada ação há uma reação igual e oposta (JIM RICHARDS, 2018). Assim, a força de reação do solo é a força desenvolvida em resposta ao contato do pé com o solo (DONALD A. NEUMANN, 2017). Desde que a força de reação do solo passa a uma certa distância perpendicular das articulações do membro inferior, momentos externos (pois a força de reação do solo é uma força externa) são produzidos nessas articulações. Para se contrapor à esses momentos externos, as forças internas geram momentos articulares internos. Ao analisarmos o *side-step cutting* no plano frontal, é possível observar que a força de reação do solo passa lateralmente ao centro de rotação do joelho. Assim, essa força produz um momento externo abductor nessa articulação. Para contrabalançar esse momento, as forças internas, entre elas aquela gerada pela tensão no LCA, precisam produzir um momento interno adutor. No entanto, um excessivo momento externo abductor do joelho pode submeter o LCA a uma carga que excede a sua força de falha (LI et al., 1999) e, assim, rompê-lo. A figura 1 mostra uma atleta executando o *side-step cutting*. Observe a força de reação do solo passando lateralmente ao joelho e, assim, produzindo um momento externo abductor nessa articulação.

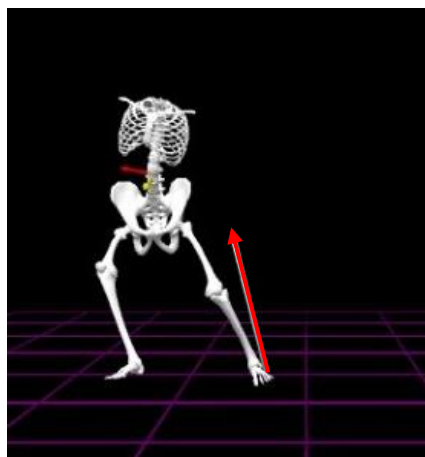


Figura 1. Momento externo abductor do joelho (membro inferior esquerdo) durante a execução do *side-step cutting*. O vetor na cor vermelha está representando a força de reação do solo. Observe que essa força está passando lateralmente ao joelho produzindo, assim, um momento externo abductor nessa articulação.

## 2.5. Fatores associados ao aumento do momento externo abductor do joelho

Em uma recente revisão sistemática, Donelon et al (DONELON et al., 2020) se propuseram a identificar fatores preditivos do momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting*. Os autores identificaram como fatores modificáveis preditivos do aumento do momento externo abductor do joelho a maior flexão e inclinação ipsilateral (inclinação para o lado do pé em apoio) do tronco, a maior distância lateral da planta do pé (maior abdução do quadril), a maior abdução do joelho, a menor flexão do joelho, a maior velocidade da corrida no momento de se realizar a mudança de direção e o aumento da força de reação do solo resultante (assim como da força de reação do solo médio-lateral). No entanto, de acordo com a literatura consultada, a associação entre outros importantes fatores modificáveis e a magnitude do momento externo abductor do joelho, tais como a força dos músculos do quadril e joelho, não foi explorada até o momento.

De acordo com Hewett et al (HEWETT et al., 2005), o aumento observado no momento externo e no movimento de abdução do joelho em mulheres antes da lesão do LCA sugere uma diminuição do controle neuromuscular do membro inferior no plano frontal. Os músculos isquiotibiais e quadríceps podem estar 40% a 80% ativados no momento do contato do pé com o solo (HEWETT et al., 2005). É proposto

que a co-contração desses músculos protege a articulação do joelho não apenas contra a excessiva translação anterior da tíbia, mas também contra o momento externo abductor do joelho (HEWETT et al., 2005). Pensa-se que essa ação é decorrente da compressão articular produzida pela co-contração. A compressão articular faria com que a carga no joelho fosse absorvida pelas forças de contato articular, protegendo assim os ligamentos de altas cargas (HEWETT et al., 2005). Dentro desta perspectiva, hipotetiza-se que um déficit de força dos músculos isquiotibiais e/ou do quadríceps estaria associado a um aumento do momento externo abductor do joelho. Adicionalmente, o déficit de força dos músculos abdutores do quadril poderia resultar em uma excessiva queda da pelve contralateral durante o *side-step cutting*. Para compensar a fraqueza desses músculos, o atleta pode aumentar a inclinação ipsilateral do tronco, resultando no aumento do momento externo abductor do joelho (DONELON et al., 2020).

### 3 OBJETIVOS GERAIS DA PESQUISA

---

O objetivo do estudo foi verificar se há associação entre os torques isométricos abdutor do quadril, flexor e extensor do joelho, bem como da razão torque flexor/extensor do joelho, avaliados por meio da dinamometria manual, e o momento externo abdutor do joelho, em mulheres atletas, durante o *side-step cutting*.

**Relação entre os torques isométricos do quadril e joelho com o momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting* em mulheres atletas saudáveis**

**Vinícius Bianchini Viterbo Montilha, Cassius Iury Anselmo e Silva, Eliane de Moraes Machado, Hygor Ferreira da Silva e Fábio Viadanna Serrão**

Manuscrito submetido ao periódico *Physical Therapy in Sport* (JCR: 2,2)

## Introdução

A ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) é uma das lesões mais comuns no esporte, afetando diretamente a função do joelho, bem como a prática esportiva (AGEL; ARENDT; BERSHADSKY, 2005). A maioria das lesões do LCA no esporte ocorre por mecanismos sem contato, durante tarefas que exigem aterrissagem de um salto, desaceleração e/ou mudança de direção (BODEN et al., 2000). Estudos prévios identificaram que a maioria das lesões em jogadoras de handebol (OLSEN et al., 2004) e futebol (ACHENBACH et al., 2024; LUCARNO et al., 2021) ocorreu quando elas estavam desacelerando e mudando de direção. Mulheres atletas que participam de esportes que envolvem saltos e mudanças de direção possuem 4 a 6 vezes maiores chances de lesar o LCA quando comparadas aos homens atletas (GRIFFIN et al., 2000). Duas recentes revisões sistemáticas com meta-análise confirmaram a maior proporção de lesão sem contato do LCA em mulheres atletas quando comparadas aos homens atletas (CHIA et al., 2022; ZECH et al., 2022). As lesões do LCA aumentam em sete vezes as chances de osteoartrite em estágio terminal, resultando em artroplastias totais do joelho (KHAN et al., 2019), além de ocasionarem altos custos econômicos (EGGERDING et al., 2022).

Alguns fatores biomecânicos aumentam o risco de lesão primária do LCA. Em um estudo prospectivo, Hewett et al. (2005) encontraram que o momento externo abductor do joelho durante a aterrissagem do *drop vertical jump* foi fator preditor da lesão primária do LCA em mulheres atletas. De fato, alguns estudos *in vitro* demonstraram que o maior momento externo abductor do joelho está associado a uma maior deformação do LCA (FUKUDA et al., 2003; KANAMORI et al., 2000; LLOYD; BUCHANAN, 2001; MARKOLF et al., 1995). Embora vários estudos tenham avaliado fatores biomecânicos relacionados à lesão do LCA durante o *drop vertical jump*, o momento externo abductor do joelho é seis vezes maior durante o *side-step cutting* (KRISTIANSLUND; KROSSHAUG, 2013).

O *side-step cutting* é uma tarefa comumente realizada em esportes e envolve a desaceleração e a mudança de direção (STEARNS; POLLARD, 2013). Em uma revisão sistemática, (DONELON et al., 2020) concluíram que a maior flexão e inclinação ipsilateral (inclinação para o lado do pé em apoio) do tronco, a maior distância lateral da planta do pé (maior abdução do quadril), a maior abdução do

joelho, a menor flexão do joelho, a maior velocidade da corrida no momento de se realizar a mudança de direção e o aumento da força de reação do solo resultante (assim como da força de reação do solo médio-lateral) foram preditores do momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting* realizado entre 30 e 110°. No entanto, a associação entre outros fatores modificáveis, tal como a força dos músculos do quadril e joelho, e a magnitude do momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting* ainda foi pouco explorada.

A força gerada pela contração muscular se opõe aos momentos articulares externos (tal como o momento externo abductor do joelho produzido pela força de reação do solo) (DONALD A. NEUMANN, 2017; JIM RICHARDS, 2018). Assim, o déficit de força muscular poderia resultar em um excessivo momento externo abductor do joelho, submetendo o LCA a um estresse que excede a sua força de falha (LI et al., 1999). Usando uma abordagem de modelagem musculoesquelética computacional, MANIAR et al., 2018 encontraram que o glúteo médio foi o músculo mais importante no controle do momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting* realizado em 45°. Além disso, é proposto que a co-contração dos músculos quadríceps e isquiotibiais, que ocorre no momento do contato do pé com o solo, aumenta a compressão tibiofemoral, atuando contrário aos momentos externos abductor e adutor do joelho (HEWETT et al., 2005; LLOYD; BUCHANAN, 2001). Assim, hipotetiza-se que o déficit de força desses músculos poderia estar associado ao aumento do momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting*.

Alguns estudos mostraram a existência de associação entre os torques abductor do quadril, e flexor e extensor do joelho com o momento externo abductor do joelho durante a aterrissagem de diferentes tipos saltos (DEWIG et al., 2020; NEAMATALLAH; HERRINGTON; JONES, 2020). Além disso, MYER et al., 2010 reportaram que a razão do pico de torque extensor/flexor do joelho (frequentemente usada como indicadora do equilíbrio entre os músculos flexores e extensores do joelho) fez parte de um modelo de predição (que incluiu outras quatro variáveis) que previu um alto momento externo abductor do joelho em mulheres atletas durante a aterrissagem do *drop vertical jump* com 84% de sensibilidade e 67% de especificidade. No entanto, esses estudos avaliaram os torques concêntricos e/ou excêntricos do quadril e joelho usando dinamômetros isocinéticos.

Embora os dinamômetros isocinéticos sejam considerados padrão-ouro para a avaliação do desempenho muscular (VALOVICH-MCLEOD et al., 2004), o alto custo, o tempo necessário para realizar uma avaliação e a ausência de portabilidade dificultam o seu uso em grande escala na prática clínica (MUFF et al., 2016). Por outro lado, além de confiáveis para a avaliação da força isométrica dos músculos abdutores do quadril, e dos flexores e extensores do joelho (FLORENCIO et al., 2019), os dinamômetros manuais (*handheld dynamometer*) possuem menor custo, são portáteis e permitem uma rápida aquisição dos dados, podendo assim ser mais amplamente usado em um contexto clínico (MUFF et al., 2016). De acordo com o conhecimento dos autores, não há até o momento estudos que tenham avaliado a associação entre os torques isométricos abdutor do quadril, e flexor e extensor do joelho (bem como da razão torque flexor/extensor do joelho), avaliado por meio da dinamometria manual, e o momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting*.

A proposta deste estudo foi verificar se há associação entre os torques isométricos abdutor do quadril, flexor e extensor do joelho, bem como da razão torque flexor/extensor do joelho, avaliados por meio da dinamometria manual, e o momento externo abdutor do joelho, em mulheres atletas, durante o *side-step cutting*. Foi hipotetizado que o menor torque isométrico abdutor do quadril, menores torques flexor e extensor do joelho e a menor razão torque flexor/extensor do joelho (indicando uma menor força dos músculos flexores em relação aos extensores do joelho) estariam associados ao maior momento externo abdutor do joelho.

## **Materiais e Métodos**

### **Desenho do estudo**

Um estudo transversal foi conduzido seguindo as recomendações do *Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology (STROBE statement)* (ELM et al., 2007).

## Local do estudo e participantes

Este estudo foi conduzido no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. As participantes foram recrutadas entre julho e outubro de 2024 na comunidade universitária e por meio da divulgação do estudo em mídias sociais.

As participantes foram convidadas a participarem voluntariamente da pesquisa. Os critérios de inclusão foram: mulheres saudáveis com idade entre 18 e 35 anos; participação em esportes que exigem mudanças de direção (tais como futebol, basquetebol, handebol etc) por pelo menos 30 minutos por dia, três dias por semana (WEINHANDL et al., 2014); ausência de histórico de lesões no membro inferior e/ou tronco nos últimos seis meses que tenha impedido a participação em atividades físicas/esportivas por mais de duas semanas (JEONG; CHOI; SHIN, 2021); ausência de histórico de cirurgias nos membros inferiores (JEONG; CHOI; SHIN, 2021) ; ausência de dor no joelho ou lesão atual que impossibilitasse a realização da avaliação; e preferência em realizar a mudança de direção durante o *side-step cutting* para o lado direito. Uma triagem inicial foi realizada de forma *online* por meio de um formulário eletrônico elaborado no *Google Forms*. Posteriormente, participantes em potencial foram avaliadas presencialmente por um fisioterapeuta licenciado para a confirmação dos critérios de elegibilidade.

O estudo foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar (número do certificado: 78050824.6.0000.5504; Apêndice 1). As participantes receberam esclarecimentos sobre os objetivos da pesquisa e foram assegurados o anonimato e a confidencialidade de seus dados. Todos as participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 2). O estudo seguiu os preceitos éticos da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

## Procedimentos

O examinador explicou os procedimentos e obteve consentimento por escrito das participantes dispostas a participar do estudo. As coletas ocorreram em ambiente climatizado (temperatura: 21-23°C). Em todas as avaliações as participantes estavam vestindo shorts de lycra, top esportivo e um calçado de corrida neutro (*Nike Flex*

*Experience, Nike, 183 Indonesia*), fornecido pelo examinador. Todas as avaliações foram realizadas no mesmo dia. Primeiramente, os dados demográficos e antropométricos foram coletados. Em seguida, foi realizada a avaliação biomecânica durante o *side-step cutting*. Por último, foi conduzida a avaliação da força isométrica máxima abdução do quadril, e flexora e extensora do joelho. Desde que foram incluídas apenas atletas com preferência em realizar a mudança de direção para o lado direito (durante o *side-step cutting*), o membro inferior esquerdo foi avaliado.

### **Avaliação biomecânica do *side-step cutting***

Para a avaliação biomecânica foi utilizado um sistema de análise tridimensional do movimento (*Vicon Motion Systems Ltd, Oxford*) com sete câmeras (Modelo *Vicon Bonita 10*) sincronizadas com uma plataforma de força *AMTI Force and Motion* (Modelo *OPT400600HF-2000*). A aquisição dos dados foi feita utilizando o *Nexus System 2.1.1 Software* (*Vicon Motion Systems Ltd, Oxford*) e o *3D Motion Monitor Software* (*Innovative Sports Training, Chicago*). Para a aquisição de dados, foi utilizada uma frequência de amostragem de 250 Hz para os dados cinemáticos e 2000 Hz para os dados cinéticos. Primeiramente, foi realizada a calibração do sistema seguindo as recomendações do manual de instruções do equipamento. Marcadores anatômicos de 14 mm de diâmetro foram fixados na incisura jugular, acrômios, C7, T12, ponto mais alto da crista ilíaca bilateralmente, espinha ilíaca ântero-superior e póstero-superior bilateralmente e primeira vértebra sacral. Em ambos os membros inferiores foram fixados marcadores no trocânter maior do fêmur, epicôndilos medial e lateral do fêmur, maléolos medial e lateral, aspectos medial e lateral do calcâneo, cabeças do primeiro e quinto metatarsos e na falange distal do segundo dedo. Além disto, dois *clusters*, constituídos por quatro marcadores não colineares fixados em uma base rígida, foram fixados na face póstero-lateral da coxa e perna, enquanto um terceiro *cluster*, constituído por três marcadores não colineares, foi fixado na região posterior do calcâneo. Inicialmente uma medida estática com as participantes na posição em pé foi realizada. Para a realização do *side-step cutting*, as participantes foram orientadas a darem dois passos (iniciando com o pé esquerdo), na velocidade autosselecionada, antes de pisarem na plataforma de força e mudarem de direção em 45°. Assim, as participantes pisaram na plataforma de força com o pé esquerdo e mudaram de direção para o lado direito. O ângulo da mudança de direção foi marcado

no solo com uma fita adesiva. Além disso, dois cones foram posicionados em ambos os lados da fita adesiva (um cone de cada lado) a uma distância de 0,5 m dela. Isso foi feito para direcionar as participantes a realizarem a mudança de direção no ângulo correto. A figura 2 mostra o *set-up* experimental. As participantes realizaram 3 repetições da tarefa para familiarização com os procedimentos e instrumentação. Após isso, 5 tentativas válidas foram coletadas. Foi fornecido um repouso de um minuto entre as tentativas. Foram consideradas tentativas válidas quando: a) o pé esquerdo aterrissou completamente na plataforma de força (entre as bordas da plataforma de força) e b) a participante realizou a mudança de direção no ângulo pré-determinado (POLLARD; SIGWARD; POWERS, 2007) .

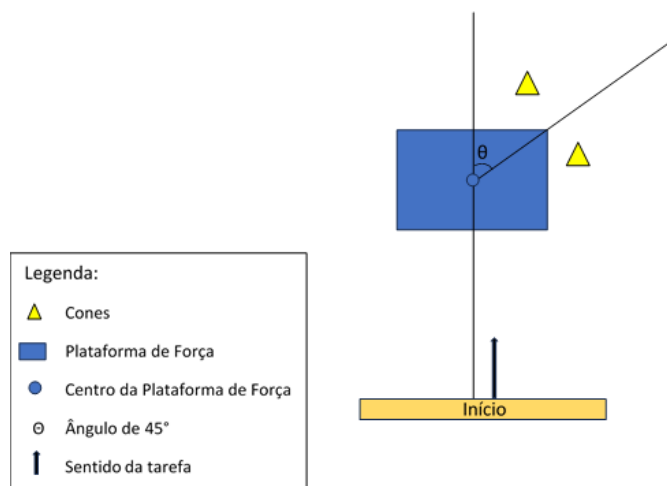


Figura 2. Set-up da avaliação biomecânica durante o *side-step cutting*.

## Redução dos dados cinemáticos

Os dados cinemáticos foram processados no *3D Motion Monitor Software* (*Innovative Sports Training, Chicago*), permitindo a criação do modelo biomecânico dos segmentos corporais. Os ângulos de Euler foram calculados em relação à medida estática em pé usando a definição de sistema de coordenadas articulares recomendada pela Sociedade Internacional de Biomecânica (GROOD; SUNTAY, 1983; WU et al., 2002), do como o ponto médio entre os marcadores posicionados nos epicôndilos medial e lateral do fêmur. Os ângulos do joelho foram calculados como o movimento do segmento distal em relação ao segmento proximal. A trajetória dos marcadores foi filtrada por meio de um filtro *Butterworth* de quarta ordem, atraso

de fase zero, passa-baixa com uma frequência de corte de 12 Hz. Seguindo as recomendações de KRISTIANSLUND; KROSSHAUG; VAN DEN BOGERT, 2012, a força de reação do solo foi filtrada usando o mesmo filtro e frequência de corte utilizados para a trajetória dos marcadores. O cálculo do momento externo abdutor do joelho foi realizado no *3D Motion Monitor Software*, utilizando o método de dinâmica inversa. A variável de interesse foi o pico do momento externo abdutor do joelho durante a fase de apoio do *side-step cutting*. A fase de apoio foi definida como o período entre o primeiro *frame* no qual a força de reação do solo vertical excedeu 20 N (contato inicial do pé com a plataforma de força) e o primeiro *frame* no qual a força de reação do solo vertical esteve abaixo de 20 N (retirada do pé da plataforma de força) (JEONG et al., 2021). A identificação da fase de apoio e do pico do momento externo abdutor do joelho também foi feita no *3D Motion Monitor Software*. O momento externo abdutor do joelho foi normalizado pelo peso corporal (massa corporal em kg X 9,81) e altura (m) de cada participante (JAMISON; PAN; CHAUDHARI, 2012). A seguinte fórmula mostra como foi feita a normalização do momento externo abdutor do joelho:

$$\% (PC \times A) = \text{Momento externo abdutor do joelho (Nm)} \times 100 / PC(N) \times A(m)$$

Onde PC é o peso corporal da participante em Newtons (N), A é a altura em metros (m) e Nm é Newton-metro.

### **Avaliação dos torques do quadril e joelho**

Um dinamômetro manual portátil (*Lafayette Instruments, Lafayette, IN, USA*) foi usado para avaliar os torques abdutor do quadril, e flexor e extensor do joelho durante contrações isométricas máximas. Cintas inelásticas foram usadas para estabilizar as participantes e o dinamômetro manual. Assim, a resistência aos movimentos foi fornecida pela cinta inelástica. Isso foi feito para eliminar o efeito da força do examinador nas medidas (WILLSON; DAVIS, 2009). Primeiramente, a força abduutora do quadril foi avaliada, seguida da força flexora e extensora do joelho. Antes da coleta de dados, as participantes realizaram 2 contrações isométricas submáximas e uma máxima para familiarização com os procedimentos de teste. Em seguida, 3 contrações isométricas máximas de 5 segundos foram realizadas. Houve um repouso

de um minuto entre cada contração. O pico da força isométrica [em Newtons (N)] de cada contração foi registrada. Para a análise estatística, foi considerada a média das repetições que apresentaram variabilidade menor que 10%. Quando ocorreu uma diferença maior que 10% entre as repetições, uma quarta repetição foi realizada (BOLGLA et al., 2010).

### ***Força isométrica abdução do quadril***

A avaliação da força isométrica máxima abdução do quadril foi conduzida de acordo com o descrito por Bolgla et al. (2010) e Nakagawa et al. (2012). As participantes estavam em decúbito lateral com o membro inferior avaliado para cima. Para manter o quadril do membro inferior avaliado em posição neutra de adução/abdução, travesseiros foram colocados entre os membros inferiores. A participante foi instruída para manter os dedos do pé apontados para frente (rotação neutra do quadril) e não flexionar o joelho. Uma cinta inelástica foi colocada proximal à crista ilíaca e fixada firmemente ao redor da mesa de exames para estabilizar o tronco das participantes. O dinamômetro manual foi posicionado 5 cm acima da linha articular do joelho. Uma segunda cinta inelástica foi posicionada sobre o dinamômetro e ao redor da mesa de exames para resistir o movimento de abdução do quadril. O examinador forneceu forte encorajamento verbal para as participantes fazerem esforço máximo para “empurrar tentando mover a perna para cima” (MARTINEZ et al., 2018). Usando a resistência de uma cinta inelástica e a mesma posição de teste, Florencio et. al. (2019) relataram uma confiabilidade intra-sessão (coeficiente de correlação intraclass) de 0,83 para o membro inferior direito e 0,88 para o membro inferior esquerdo.

### ***Força isométrica flexão do joelho***

A avaliação da força isométrica máxima flexão do joelho foi realizada de acordo com Florencio et al. (2019). As participantes estavam em decúbito ventral, com os braços estendidos ao lado do corpo, o quadril em posição neutra e o joelho do lado avaliado em 90° de flexão. Para estabilizar o quadril, uma cinta inelástica foi colocada sobre cóccix e fixada firmemente ao redor da mesa de exames. O dinamômetro manual foi posicionado 4 cm proximalmente a uma linha imaginária passando pelos maléolos medial e lateral. Uma segunda cinta inelástica foi posicionada sobre o

dinamômetro e ao redor de uma barra de ferro fixada na parede. Essa cinta resistiu o movimento de flexão do joelho. O examinador forneceu forte encorajamento verbal para as participantes fazerem esforço máximo para “dobrar o joelho”. Usando a resistência de uma cinta inelástica e a mesma posição de teste, Florencio et al. (2019) encontraram uma confiabilidade intra-sessão (coeficiente de correlação intraclasse) de 0,97 para o membro inferior direito e 0,97 para o membro inferior esquerdo.

### ***Força isométrica extensora do joelho***

A avaliação da força isométrica máxima extensora do joelho seguiu as recomendações de Florencio et al. (2019) e Hansen et al. (2015). As participantes estavam sentadas na beira da mesa de exames, com os braços cruzados na frente do tronco, o quadril do lado avaliado em 90° de flexão e em posição neutra de adução/abdução e rotação medial/lateral e o joelho em 90° de flexão. Uma cinta inelástica foi usada para estabilizar ambas as coxas. O dinamômetro manual foi posicionado 4 cm proximalmente a uma linha imaginária passando pelos maléolos medial e lateral. Uma outra cinta inelástica foi posicionada sobre o dinamômetro e ao redor da perna da mesa de exames para resistir o movimento de extensão do joelho. O examinador forneceu forte encorajamento verbal para as participantes fazerem esforço máximo para “estender o joelho”. Usando a resistência de uma cinta inelástica e a mesma posição de teste, Florencio et al. (2019) reportaram uma confiabilidade intra-sessão (coeficiente de correlação intraclasse) de 0,93 para o membro inferior direito e 0,93 para o membro inferior esquerdo.

Para o cálculo dos torques do quadril e joelho, a média da força isométrica máxima em Newtons (N) foi multiplicada pelo braço de momento do segmento (m). A distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur foi usada como braço de momento para o cálculo do torque abductor do quadril (NUNES et al., 2019). O braço de momento para o cálculo dos torques flexor e extensor do joelho foi considerado como a distância entre o epicôndilo lateral do fêmur e o maléolo lateral (OGBORN et al., 2021; SCATTONE SILVA et al., 2016) . Finalmente, os dados de torque foram normalizados pelo peso corporal (massa corporal em kg X 9,81) e altura (m) de cada participante (FREDERICSON et al., 2000). A seguinte fórmula mostra como a normalização do torque foi realizada:

$$\% (PC \times A) = \text{Torque (Nm)} \times 100 / PC(N) \times A(m)$$

Onde PC é o peso corporal da participante em Newtons (N), A é a altura em metros (m) e Nm é Newton-metro.

Por fim, a razão torque flexor/extensor do joelho foi calculada dividindo-se o pico de torque flexor do joelho normalizado [% (PC × A)] pelo pico de torque extensor do joelho normalizado [% (PC × A)]. Valores mais próximos a 1,0 indicam maior equilíbrio entre a força flexora e extensora do joelho.

## **Análise Estatística**

Inicialmente, os dados foram inseridos em uma planilha *Excel* e, posteriormente, exportados para o *RStudio* (*R version 4.4.2*) para análise estatística. Todas as análises foram realizadas utilizando a linguagem *R* de programação (*R Core Team, 2024*). Os dados numéricos foram descritos através de média e desvio padrão, bem como pela mediana e intervalo interquartil. Para as análises inferenciais foi adotada uma abordagem frequentista, com um nível de significância estatística de 5%. Para investigar as associações dos torques abductor do quadril, flexor e extensor do joelho e razão torque flexor/extensor do joelho com o momento externo abductor do joelho, foi utilizada uma generalização quadrática do *rho* ao quadrado ( $\rho^2$ ) de *Spearman*. Isso foi feito para permitir associações não-monotônicas entre as variáveis de torque e o momento externo abductor do joelho. Gráficos de dispersão com um suavizador não-paramétrico (*LOESS*) foram construídos para ilustrar as associações entre as variáveis.

## **Resultados**

Cinquenta e nove atletas foram avaliadas para elegibilidade. Dezenove atletas não foram incluídas devido a dor no joelho, uma devido a cirurgia nos membros inferiores, três devido a lesões nos membros inferiores nos últimos seis meses e que impediram a participação em atividades físicas/esportivas por mais de duas semanas, seis por praticarem esportes sem predominância de movimentos com mudança de direção, três que preferiam fazer a mudança de direção para o lado esquerdo e seis atletas que preencheram os critérios de elegibilidade na triagem preliminar (feita por meio do formulário eletrônico), mas não responderam aos contatos para o

agendamento da avaliação presencial. Assim, um total de 21 atletas participaram das avaliações biomecânica e de força muscular.

As características demográficas e antropométricas das participantes estão mostradas na tabela 1 e os dados de torque isométrico e do momento externo abductor do joelho são apresentados na tabela 2. Os resultados da análise de correlação estão mostrados na tabela 3 e figura 3. Nenhuma correlação significativa foi encontrada entre o torque isométrico abductor do quadril, torques isométricos flexor e extensor do joelho e razão torque flexor/extensor do joelho com o momento externo abductor do joelho ( $p > 0,05$ ).

Tabela 1. Características demográficas e antropométricas das participantes.

| Variáveis                                       | n = 21 mulheres atletas |
|---|-------------------------|
| Idade (anos)                                    | 21,8±2,65               |
| Altura (m)                                      | 1,62,8±0,03             |
| Massa corporal (kg)                             | 64,22±7,36              |
| Índice de massa corporal (kg/m <sup>2</sup> )   | 24,17±2,31              |
| Tempo de prática (meses)                        | 24±48,36                |
| Principal esporte praticado (número de atletas) |                         |
| Handebol  | 5                       |
| Basquetebol                                     | 5                       |
| Futsal  | 5                       |
| <i>Flag Football</i>                            | 4                       |
| Rugby   | 2                       |

\* A idade, altura, massa corporal e tempo de prática das participantes estão apresentados em média (desvio-padrão).

Tabela 2. Valores de pico dos torques isométricos e do momento externo abdutor do joelho normalizados [média (desvio-padrão); mediana (intervalo interquartil)].

| Variáveis                              | n = 21 mulheres atletas            |
|--|------------------------------------|
| Torque isométrico abdutor do quadril   | 11,29 (2,34); 11,17 (9,73; 12,93)  |
| Torque isométrico flexor do joelho     | 5,42 (1,19); 5,51 (4,81; 6,35)     |
| Torque isométrico extensor do joelho   | 15,65 (4,37); 14,03 (12,70; 19,91) |
| Razão torque flexor/extensor do joelho | 0,37 (0,11); 0,34 (0,30; 0,41)     |
| Momento externo abdutor do joelho      | 4,34 (1,85); 4,27 (3,18; 5,82)     |

\* Torque isométrico e momento externo abdutor do joelho normalizados pelo peso corporal (PC) e altura (A) (%PC X A).

Tabela 3. Generalização quadrática do  $\rho$  ao quadrado ( $\rho^2$ ) de *Spearman* e valores de p (p) entre os torques isométricos e o momento externo abdutor do joelho (n = 21).

| Torque isométrico                      | Momento externo abdutor do joelho |
|--|-----------------------------------|
| Torque isométrico abdutor do quadril   | $\rho^2 = 0,16$ (p = 0,204)       |
| Torque isométrico flexor do joelho     | $\rho^2 = 0,04$ (p = 0,672)       |
| Torque isométrico extensor do joelho   | $\rho^2 = 0,20$ (p = 0,130)       |
| Razão torque flexor/extensor do joelho | $\rho^2 = 0,08$ (p = 0,459)       |

\* Torque isométrico e momento externo abdutor do joelho normalizados pelo peso corporal (PC) e altura (A) (%PC X A).

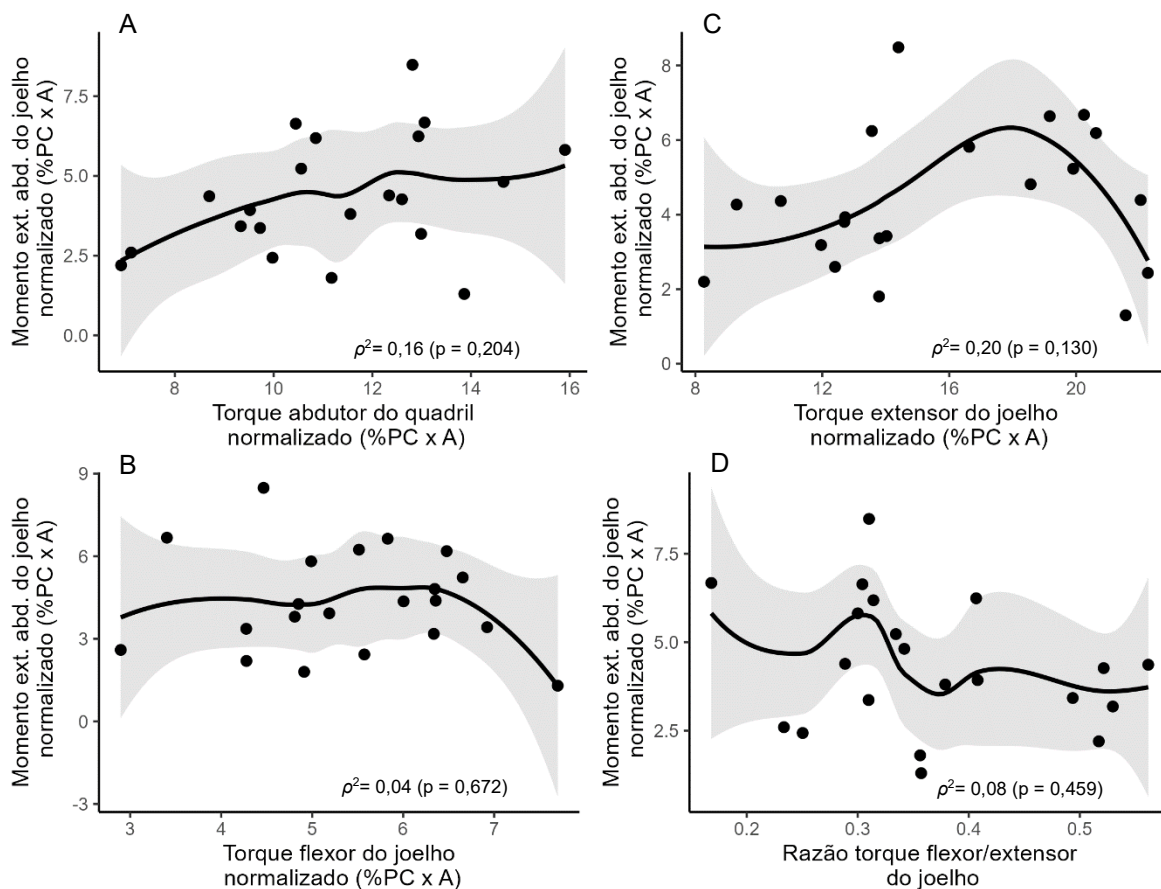


Figura 2. Gráficos de dispersão das correlações entre o torque abdutor do quadril (A), flexor do joelho (B), extensor do joelho (C) e da razão torque flexor/extensor do joelho (D) com o momento externo abdutor do joelho.  $\rho^2$  = Generalização quadrática do  $\rho$  ao quadrado de Spearman (n = 21).

## Discussão

De acordo com o nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a avaliar a associação entre o torque isométrico abdutor do quadril, e extensor e flexor do joelho (e da razão torque flexor/extensor do joelho), avaliado por meio da dinamometria manual, e o momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting*. Ao contrário do que foi hipotetizado, nenhuma associação foi encontrada.

Uma revisão sistemática prévia mostrou alguma evidência de que pessoas saudáveis com fraqueza dos músculos abdutores e rotadores laterais do quadril

demonstram um aumento do valgo (abdução) de joelho (CASHMAN, 2012). Desde que o aumento da abdução do joelho durante tarefas com suporte do peso corporal é preditor do maior momento externo abductor do joelho (DONELON et al., 2020), nossa hipótese inicial foi de que um menor torque isométrico abductor do quadril, avaliado por meio de um dinamômetro manual, estaria associado a um maior momento externo abductor do joelho. De fato, usando uma abordagem de modelagem musculoesquelética computacional, Maniar et al. (2018) mostraram que o glúteo médio (principal abductor do quadril e cujas fibras posteriores atuam na rotação lateral do quadril – (NEUMANN, 2010) é o músculo com o maior potencial para se opor ao momento externo abductor do joelho durante a fase de aceitação do peso corporal do *side-step cutting* em 45°. Mais recentemente, usando um modelo musculoesquelético baseado em eletromiografia, Ueno et al. (2020) identificaram que a redução da força do glúteo médio, juntamente com o aumento das forças de reação do solo vertical e lateral, foi preditora do momento externo abductor do joelho durante o *drop vertical jump*.

Os resultados do nosso estudo são contrários aos encontrados por Neamatallah et al. (2020). Ao avaliarem mulheres ativas saudáveis, Neamatallah et al. (2020) relataram uma correlação significativa entre o menor torque concêntrico e excêntrico abductor do quadril e o maior momento externo abductor do joelho durante a aterrissagem de um salto anterior. As diferenças metodológicas entre o nosso estudo e o de Neamatallah et al. (2020) podem ajudar a compreender as diferenças nos resultados. Enquanto Neamatallah et al. (2020) avaliaram o torque concêntrico e excêntrico abductor do quadril usando um dinamômetro isocinético, nós avaliamos o torque isométrico por meio do dinamômetro manual. Durante tarefas funcionais com suporte do peso corporal, os músculos abdutores do quadril contraem excêntricamente para controlar a adução dessa articulação (FERBER; MCCLAY DAVIS; WILLIAMS III, 2003). Assim, a forma como avaliamos o torque abductor do quadril não reproduz a função exercida pelos músculos abdutores do quadril durante o *side-step cutting* e pode estar relacionada à ausência de correlação observada no nosso estudo.

Há outros dois aspectos relacionados à associação entre o torque abductor do quadril e o momento externo abductor do joelho que devem ser destacados. O primeiro é que essa associação pode ser específica à tarefa. Embora Neamatallah et al. (2020)

tenham relatado que o menor torque concêntrico e excêntrico abductor do quadril estava associado ao maior momento externo abductor do joelho durante o salto anterior, esses autores não encontraram essa associação durante a aterrissagem de saltos medial e lateral a partir de uma caixa de 30 cm de altura. O segundo aspecto é que essa associação pode ser diferente de acordo com o sexo. Embora a menor força isométrica abductora do quadril, avaliada pelo dinamômetro manual, tenha sido preditora do menor momento externo abductor do joelho em homens saudáveis, o mesmo resultado não foi encontrado por Hogg et al. (2021) para mulheres saudáveis durante a aterrissagem do salto unipodal em distância. Reforçando isso, a associação encontrada por Neamatallah et al. (2020) para a aterrissagem do salto anterior em mulheres não foi observada em homens. Assim, é necessário que estudos futuros avaliem a associação entre o torque excêntrico abductor do quadril e o momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting* levando em consideração o sexo na análise.

A hipótese de que maiores torques isométricos flexor e extensor do joelho estariam associados ao menor momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting* surgiu a partir dos resultados do estudo de Lloyd & Buchanan (2001). Esses autores reportaram que a co-contração desses músculos foi o principal fator muscular relacionado ao controle dos momentos externos de abdução e adução do joelho (LLOYD & BUCHANAN, 2001). Diferentemente dos nossos resultados, ao avaliarem homens e mulheres, Dewig et al. (2020) encontraram que uma maior força excêntrica dos músculos flexores do joelho foi associada a um menor pico do momento interno adutor do joelho (ou seja, a resposta interna ao momento externo abductor) durante a aterrissagem de um salto unipodal. Recentemente, avaliando homens jogadores de rúgbi, BROWN; HUME; BRUGHELLI, em 2024 relataram que o maior torque concêntrico extensor do quadril (músculos glúteos e isquiotibiais) se correlacionou a um menor momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting* antecipado em 45° sobre o membro inferior preferido (explicou 33% da variância do momento externo abductor do joelho). Adicionalmente, embora não tenha entrado no modelo final de regressão, o menor torque excêntrico extensor do joelho se associou a um maior momento externo abductor do joelho (BROWN; HUME; BRUGHELLI, 2024) . Por fim, a razão do pico de torque extensor/flexor do joelho (ação muscular concêntrica-concêntrica) fez parte de um modelo de predição (que

também incluiu o movimento de abdução do joelho, a amplitude de flexão do joelho, a massa corporal e o comprimento da tíbia) que previu um alto momento externo abductor do joelho em mulheres atletas durante a aterrissagem do *drop vertical jump* com 84% de sensibilidade e 67% de especificidade (MYER et al., 2010). Assim, de uma maneira geral, esses estudos mostram que a força dos músculos flexores e extensores do joelho possui alguma associação com a magnitude do momento externo abductor do joelho. Na direção contrária a esses estudos, WILD; STEELE; MUNRO, em 2013 reportaram a ausência de diferença nos momentos do joelho no plano frontal durante a aterrissagem unipodal de um salto horizontal entre meninas adolescentes com menor e maior torque flexor do joelho (os grupos foram definidos de acordo com o pico de torque concêntrico flexor do joelho).

Similarmente ao já destacado anteriormente para o torque abductor do quadril, uma diferença importante entre o nosso estudo e aqueles que encontraram uma associação entre o torque flexor e/ou extensor do joelho (DEWIG et al., 2020); BROWN et al., 2024), além da razão do torque extensor/flexor do joelho (MYER et al., 2010), e o momento externo abductor do joelho foi o tipo de ação muscular usada para a avaliação do torque. Dewig et al. (2020), Brown et al. (2024) e Myer et al. (2010) avaliaram o torque por meio de ações concêntricas e/ou excêntricas usando um dinamômetro isocinético, enquanto nós mensuramos o torque isométrico utilizando um dinamômetro manual. Durante o *side-step cutting*, a atleta deve primeiramente desacelerar o corpo antes de reorientar o centro de massa em uma nova direção. Na fase de aceitação do peso corporal, os músculos extensores do quadril (incluindo os glúteos e os isquiotibiais) e o quadríceps agem excêntricamente para controlar a flexão do quadril e do joelho, respectivamente, desacelerando assim o movimento do corpo para frente (BROWN et al., 2024). Desta forma, embora a avaliação do torque isométrico usando um dinamômetro manual seja mais viável do ponto de vista clínico, essa avaliação não reproduz o tipo de ação muscular usada durante a execução do *side-step cutting*. Isso poderia ser uma explicação para a ausência de associação entre os torques flexor e extensor do joelho e o momento externo abductor do joelho observada no nosso estudo.

Um outro ponto que precisa ser discutido diz respeito à posição do joelho usada na avaliação do torque flexor e extensor do joelho no presente estudo. Embora estudos prévios tenham mostrado que a avaliação do torque isométrico flexor e

extensor do joelho, usando um dinamômetro manual, com o joelho à 90° é confiável (FLORENCIO et al., 2019), a flexão do joelho usada durante o *side-step cutting* é menor (a média  $\pm$  desvio-padrão do pico de flexão do joelho no nosso estudo foi de  $59,02 \pm 5,47$ ). Esse é um aspecto muito importante desde que Lloyd & Buchanan (2001) mostraram que a maior contribuição da co-contração quadríceps-isquiotibiais (extensores-flexores do joelho) para controlar os momentos externos em abdução e adução do joelho ocorre quando essa articulação está mais estendida. Isso poderia ser uma outra explicação para a ausência de associação entre os torques flexor e extensor do joelho, bem como da razão torque flexor/extensor do joelho, e o momento externo abductor do joelho observada no nosso estudo. Ao mesmo tempo, os resultados de Lloyd & Buchanan (2001) permitem sugerir que estudos futuros que tenham o mesmo objetivo avaliem esses torques com o joelho mais próximo à extensão.

Os resultados do nosso estudo devem ser interpretados considerando algumas limitações. A primeira delas refere-se ao tamanho amostral. É possível que nosso estudo não tenha tido poder estatístico suficiente para detectar as correlações de interesse. No entanto, o tamanho amostral adotado foi similar ao do estudo de Neamatallah et al. (2020), cujo objetivo foi o mesmo do nosso. O desenho do estudo pode fornecer apenas informações sobre correlações, não permitindo estabelecer relação causal. Os resultados são limitados à população de mulheres adultas jovens. Estudos futuros deveriam avaliar homens adultos jovens e adolescentes. Embora a avaliação do torque isométrico por meio da dinamometria manual seja mais viável em um contexto clínico, os músculos abdutores do quadril, e flexores e extensores do joelho atuam excentricamente durante o *side-step cutting*. Assim, estudos futuros devem avaliar a associação entre o torque excêntrico do quadril e joelho e o momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting*. No presente estudo, os torques flexor e extensor do joelho foram avaliados com essa articulação à 90° de flexão. No entanto, desde que o pico de flexão do joelho durante o *side-step cutting* é menor e estudos prévios (LLOYD & BUCHANAN, 2001) mostraram que a contribuição da co-contração quadríceps-isquiotibiais para controlar os momentos externos em abdução e adução do joelho é maior quando essa articulação está mais estendida, é recomendado que estudos futuros avaliem esses torques com o joelho mais próximo à extensão. Finalmente, embora os procedimentos usados para avaliar o torque

isométrico abdutor do quadril, e extensor e flexor do joelho usando a dinamometria manual sejam relatados como confiáveis, o coeficiente de correlação intraclasse para confiabilidade intraexaminador não foi calculado neste estudo.

## **Conclusão**

Os resultados deste estudo mostraram que os torques isométricos abdutor do quadril, flexor e extensor do joelho e a razão torque flexor/extensor do joelho, quando avaliados por meio da dinamometria manual, não estão associados ao pico do momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting* (45°) em mulheres saudáveis. Esses resultados sugerem que formas viáveis e confiáveis de se quantificar a força muscular excêntrica em um contexto clínico sejam determinadas e verificado se ela possui correlação com a magnitude do momento externo abdutor do joelho durante a execução dessa tarefa.

## 5 CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

---

Os resultados deste estudo mostraram que os torques isométricos abdutor do quadril, flexor e extensor do joelho e a razão torque flexor/extensor do joelho, quando avaliados por meio da dinamometria manual, não estão associados ao pico do momento externo abdutor do joelho durante o *side-step cutting* (45°) em mulheres saudáveis.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Apesar de não haver associação entre os torques abdutor do quadril e extensor do joelho e da razão torque flexor/extensor do joelho com o momento externo abdutor do joelho em mulheres atletas saudáveis durante o *side-step cutting* em 45°, esse foi um dos primeiros estudos a avaliar estas associações. O *drop vertical jump* é um importante fator preditor do momento externo abdutor do joelho e da lesão primária do LCA, entretanto o *side-step cutting* apresenta uma magnitude do momento externo abdutor 6 vezes maior e assimila mais uma atividade realizada com maior frequência durante a prática esportiva com mudança de direção (MYER et al., 2010; KRISTIANSKUND; KROSSHAUG, 2013; FUKUDA et al., 2003; KANAMORI et al., 2000; LLOYD; BUCHANAN, 2001; MARKOLF et al., 1995), sendo assim sugere-se que a avaliação da atividade de mudança de direção em futuros estudos seja realizada no *side-step cutting*. Ainda que há limitações nesse trabalho, esse estudo contribui para o avanço na busca de conhecimento sobre possíveis associações do momento externo abdutor do joelho com a força muscular, um importante fator preditor da lesão do LCA. Assim, futuros estudos utilizando o isocinético para avaliar o torque concêntrico e excêntrico dos abdutor do quadril, extensor e flexor do joelho, assim como a razão antagonista e agonista durante o *side-step cutting*, se fazem necessário para compreender mais sobre possíveis associações entre essas variáveis com o momento externo abdutor do joelho e também avaliar se há diferenças entre o sexo masculino e feminino.

## 7 REFERÊNCIAS

---

ACHENBACH, L. et al. Four distinct patterns of anterior cruciate ligament injury in women's professional football (soccer): a systematic video analysis of 37 match injuries. **British Journal of Sports Medicine**, 20 jun. 2024.

AGEL, J.; ARENDT, E. A.; BERSHADSKY, B. Anterior Cruciate Ligament Injury in National Collegiate Athletic Association Basketball and Soccer: A 13-Year Review. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 4, p. 524–531, 1 abr. 2005.

BODEN, B. P. et al. Mechanisms of Anterior Cruciate Ligament Injury. **Orthopedics**, v. 23, n. 6, p. 573–578, jun. 2000.

BOLGLA, L. A. et al. Reliability of electromyographic methods used for assessing hip and knee neuromuscular activity in females diagnosed with patellofemoral pain syndrome. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, n. 1, p. 142–147, fev. 2010.

BROWN, S. R.; HUME, P. A.; BRUGHELLI, M. Clinical Determinants of Knee Joint Loads While Sidestepping: An Exploratory Study With Male Rugby Union Athletes. **Advances in Rehabilitation Science and Practice**, v. 13, 29 jan. 2024.

CASHMAN, G. E. The Effect of Weak Hip Abductors or External Rotators on Knee Valgus Kinematics in Healthy Subjects: A Systematic Review. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 21, n. 3, p. 273–284, ago. 2012.

CHIA, L. et al. Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injury Epidemiology in Team-Ball Sports: A Systematic Review with Meta-analysis by Sex, Age, Sport, Participation Level, and Exposure Type. **Sports Medicine**, v. 52, n. 10, p. 2447–2467, 2022.

CHRISTEL, P. S. et al. The contribution of each anterior cruciate ligament bundle to the Lachman test. **The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume**, v. 94-B, n. 1, p. 68–74, 2012.

DEWIG, D. R. et al. Associations Among Eccentric Hamstrings Strength, Hamstrings Stiffness, and Jump-Landing Biomechanics. **Journal of Athletic Training**, v. 55, n. 7, p. 717–723, 1 jul. 2020.

DONALD A. NEUMANN. **Kinesiology of the Musculoskeletal System**. 3rd Edition ed. [s.l: s.n.].

DONELON, T. A. et al. Biomechanical Determinants of Knee Joint Loads Associated with Increased Anterior Cruciate Ligament Loading During Cutting: A Systematic Review and Technical Framework. **Sports Medicine - Open**, v. 6, n. 1, 2020.

DUTHON, V. B. et al. Anatomy of the anterior cruciate ligament. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, mar. 2006.

EGGERDING, V. et al. ACL reconstruction for all is not cost-effective after acute ACL rupture. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 1, p. 24–28, jan. 2022.

ELM, E. VON et al. Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. **BMJ**, v. 335, n. 7624, p. 806–808, 20 out. 2007.

FERBER, R.; MCCLAY DAVIS, I.; WILLIAMS III, D. S. Gender differences in lower extremity mechanics during running. **Clinical Biomechanics**, v. 18, n. 4, p. 350–357, maio 2003.

FLORENCIO, L. L. et al. Knee and hip strength measurements obtained by a hand-held dynamometer stabilized by a belt and an examiner demonstrate parallel reliability but not agreement. **Physical Therapy in Sport**, v. 38, p. 115–122, 1 jul. 2019.

FREDERICSON, M. et al. Hip Abductor Weakness in Distance Runners with Iliotibial Band Syndrome. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 10, n. 3, p. 169–175, jul. 2000.

FUKUDA, Y. et al. A quantitative analysis of valgus torque on the ACL: A human cadaveric study. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 21, n. 6, p. 1107–1112, 2003.

GRIFFIN, L. Y. et al. Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Risk Factors and Prevention Strategies. **Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons**, v. 8, n. 3, p. 141–150, maio 2000.

GROOD, E. S.; SUNTAY, W. J. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: Application to the knee. **Journal of Biomechanical Engineering**, v. 105, n. 2, p. 136–144, 1983.

HANSEN, E. M. et al. Hand-held Dynamometer Positioning Impacts Discomfort During Quadriceps Strength Testing: A Validity and Reliability Study. **International journal of sports physical therapy**, v. 10, n. 1, p. 62–8, fev. 2015.

HEWETT, T. E. 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. **American Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 4, p. 492–501, 2005.

HOGG, J. A. et al. The Effects of Gluteal Strength and Activation on the Relationship Between Femoral Alignment and Functional Valgus Collapse During a Single-Leg Landing. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 30, n. 6, p. 942–951, 1 ago. 2021.

JAMISON, S. T.; PAN, X.; CHAUDHARI, A. M. W. Knee moments during run-to-cut maneuvers are associated with lateral trunk positioning. **Journal of Biomechanics**, v. 45, n. 11, p. 1881–1885, jul. 2012.

JEONG, J.; CHOI, D. H.; SHIN, C. S. Core Strength Training Can Alter Neuromuscular and Biomechanical Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury. **American Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 1, p. 183–192, 2021.

JIM RICHARDS. **The Comprehensive Textbook of Clinical Biomechanics**. 2nd Edition ed. [s.l: s.n.].

KANAMORI, A. et al. The forces in the anterior cruciate ligament and knee kinematics during a simulated pivot shift test: A human cadaveric study using robotic technology. **Arthroscopy**, v. 16, n. 6, p. 633–639, 2000.

KHAN, T. et al. ACL and meniscal injuries increase the risk of primary total knee replacement for osteoarthritis: a matched case–control study using the Clinical Practice Research Datalink (CPRD). **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 15, p. 965–968, ago. 2019.

KRISTIANSLUND, E.; KROSSHAUG, T. Comparison of drop jumps and sport-specific sidestep cutting: Implications for anterior cruciate ligament injury risk screening. **American Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 3, p. 684–688, 2013.

KRISTIANSLUND, E.; KROSSHAUG, T.; VAN DEN BOGERT, A. J. Effect of low pass filtering on joint moments from inverse dynamics: Implications for injury prevention. **Journal of Biomechanics**, v. 45, n. 4, p. 666–671, fev. 2012.

LI, G. et al. **The importance of quadriceps and hamstring muscle loading on knee kinematics and in-situ forces in the ACL***Journal of Biomechanics*. [s.l: s.n.].

LLOYD, D. G.; BUCHANAN, T. S. Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee. **Journal of Biomechanics**, v. 34, n. 10, p. 1257–1267, 2001.

LUCARNO, S. et al. Systematic Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Professional Female Soccer Players. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 1794–1802, 14 jun. 2021a.

LUCARNO, S. et al. Systematic Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Professional Female Soccer Players. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 1794–1802, 14 jun. 2021b.

MANIAR, N. et al. Non-knee-spanning muscles contribute to tibiofemoral shear as well as valgus and rotational joint reaction moments during unanticipated sidestep cutting. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 2501, 6 fev. 2018.

MARKOLF, K. L. et al. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 13, n. 6, p. 930–935, nov. 1995.

MARTINEZ, A. F. et al. Association of Hip and Trunk Strength With Three-Dimensional Trunk, Hip, and Knee Kinematics During a Single-Leg Drop Vertical Jump. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 7, p. 1902–1908, jul. 2018.

MUFF, G. et al. Comparative assessment of knee extensor and flexor muscle strength measured using a hand-held vs. isokinetic dynamometer. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 28, n. 9, p. 2445–2451, 2016.

MYER, G. D. et al. Development and Validation of a Clinic-Based Prediction Tool to Identify Female Athletes at High Risk for Anterior Cruciate Ligament Injury. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 10, p. 2025–2033, 1 out. 2010.

NAKAGAWA, T. H. et al. Frontal Plane Biomechanics in Males and Females with and without Patellofemoral Pain. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 44, n. 9, p. 1747–1755, set. 2012.

NEAMATALLAH, Z.; HERRINGTON, L.; JONES, R. An investigation into the role of gluteal muscle strength and EMG activity in controlling HIP and knee motion during landing tasks. **Physical Therapy in Sport**, v. 43, p. 230–235, maio 2020.

NEUMANN, D. A. Kinesiology of the Hip: A Focus on Muscular Actions. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 2, p. 82–94, fev. 2010.

NUNES, G. S. et al. Clinically measured hip muscle capacity deficits in people with patellofemoral pain. **Physical Therapy in Sport**, v. 35, p. 69–74, jan. 2019.

OGBORN, D. I. et al. Comparison of Common Methodologies for the Determination of Knee Flexor Muscle Strength. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 16, n. 2, 1 abr. 2021.

OLSEN, O. E. et al. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: A systematic video analysis. **American Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 4, p. 1002–1012, 2004.

POLLARD, C. D.; SIGWARD, S. M.; POWERS, C. M. Gender differences in hip joint kinematics and kinetics during side-step cutting maneuver. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 17, n. 1, p. 38–42, 2007.

SCATTONE SILVA, R. et al. Lower limb strength and flexibility in athletes with and without patellar tendinopathy. **Physical Therapy in Sport**, v. 20, p. 19–25, jul. 2016.

STEARNS, K. M.; POLLARD, C. D. Abnormal frontal plane knee mechanics during sidestep cutting in female soccer athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. **American Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 4, p. 918–923, 2013.

THOMPSON, J. A. et al. Biomechanical Effects of an Injury Prevention Program in Preadolescent Female Soccer Athletes. **American Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 2, p. 294–301, 1 fev. 2017.

VALOVICH-MCLEOD, T. C. et al. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 1, p. 22–29, 1 jan. 2004.

WEINHANDL, J. T. et al. Reduced hamstring strength increases anterior cruciate ligament loading during anticipated sidestep cutting. **Clinical Biomechanics**, v. 29, n. 7, p. 752–759, 2014.

WILD, C. Y.; STEELE, J. R.; MUNRO, B. J. Insufficient Hamstring Strength Compromises Landing Technique in Adolescent Girls. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 45, n. 3, p. 497–505, mar. 2013.

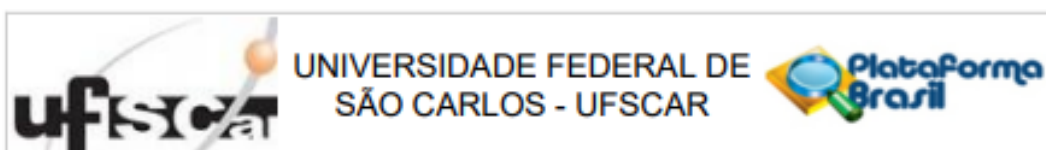
WILLSON, J. D.; DAVIS, I. S. Lower Extremity Strength and Mechanics during Jumping in Women with Patellofemoral Pain. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 18, n. 1, p. 76–90, fev. 2009.

WU, G. et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—part I: ankle, hip, and spine. **Journal of Biomechanics**, v. 35, n. 4, p. 543–548, abr. 2002.

ZECH, A. et al. Sex differences in injury rates in team-sport athletes: A systematic review and meta-regression analysis. **Journal of Sport and Health Science**, v. 11, n. 1, p. 104–114, jan. 2022.

## 8 APÊNDICE 1 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

---



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** ASSOCIAÇÃO ENTRE A FORÇA E A TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA DOS MÚSCULOS ISQUIOTIBIAIS E QUADRÍCEPS COM A MAGNITUDE DO MOMENTO EXTERNO ABDUTOR DO JOELHO EM MULHERES ATLETAS DURANTE O SIDE-STEPPING CUTTING

**Pesquisador:** VINICIUS BIANQUINI VITERBO MONTILHA

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 78050824.6.0000.5504

**Instituição Proponente:** Departamento de Fisioterapia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 6.721.444

#### Apresentação do Projeto:

As informações referente a apresentação do Projeto foram extraídas dos seguintes documentos

PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_2272210, TCLE\_atualizado e Projeto\_Mestrado\_CEP atualizado anexados em 07/03/2024

#### Resumo:

A maioria das lesões do ligamento cruzado anterior (LCA) no esporte ocorre sem um contato direto entre os atletas, durante atividades que envolvem desaceleração e/ou mudanças de direção. As mulheres estão mais predispostas à essa lesão. Nessa população, um excessivo momento externo abductor do joelho é considerado como um fator de risco. Embora seja teorizado que um déficit na força e/ou na taxa de desenvolvimento de força dos músculos extensores e flexores do joelho esteja associado ao aumento do momento externo abductor do joelho, essa associação ainda não foi avaliada. Assim, o objetivo do estudo é verificar se o torque extensor e flexor do joelho e a taxa de desenvolvimento de força dos músculos extensores e flexores do joelho estão associados à magnitude do momento externo abductor do joelho durante o side-step cutting. Participarão do estudo mulheres atletas, com idade entre 18 e 35 anos. Para a coleta dos dados necessários para o cálculo do momento externo abductor do

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9685

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

Diátexis 01 de 07



joelho durante o side-step cutting à 45° serão usados um sistema de análise tridimensional do movimento composto por 11 câmeras e uma plataforma de força. Os dados necessários para o cálculo do torque extensor e flexor do joelho e da taxa de desenvolvimento de força dos músculos extensores e flexores do joelho serão coletados por meio de um dinamômetro isocinético Biodex System 4. O coeficiente de correlação de Pearson será usado para examinar a correlação entre a variável dependente e as variáveis independentes. Todas as variáveis que correlacionarem significativamente com a variável dependente serão usadas em um modelo de regressão múltipla stepwise para determinar a melhor combinação de variáveis preditivas. Para todos os testes estatísticos, um nível de significância de 5% será usado.

**Critério de Inclusão:**

As participantes do estudo serão recrutadas na comunidade da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Campus São Carlos, por meio de mídias sociais, divulgação do estudo em emissoras de rádio (por exemplo, Rádio UFSCar), revistas e jornais locais e emissoras de televisão (por exemplo, EPTV), além de academias. Participarão do estudo mulheres atletas, saudáveis, e com idade entre 18 e 35 anos. Serão consideradas atletas aquelas mulheres que participam de esportes que exigem mudanças de direção (tais como futebol, basquetebol, handebol, tênis etc.) pelo menos 30 minutos por dia, três dias por semana (22).

**Critério de Exclusão:**

Não serão incluídas participantes com história de lesão no membro inferior e/ou tronco nos últimos seis meses impedindo a participação em atividades físicas por mais de duas semanas ou, ainda, participantes com história de lesões musculoesqueléticas nos membros inferiores que tenham requerido cirurgia (23).

**Metodologia Proposta:**

Essa pesquisa consiste em um estudo transversal que seguirá as recomendações do STROBE (Statement Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology) (21). As avaliações serão realizadas em apenas um momento e participarão do estudo mulheres atletas

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP **Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9685

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



e sadias. O estudo será conduzido no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia (LAIOT), pertencente ao Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR. O presente estudo será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR e a coleta de dados começará após a sua aprovação nesse Comitê. As participantes receberão esclarecimentos sobre os procedimentos que serão realizados ao longo do estudo e concordarão em participar assinando um termo de consentimento livre e esclarecido, elaborado conforme a Resolução 466 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde, ficando uma cópia com a participante e outra com o pesquisador. O estudo será conduzido de acordo com as normas que regem a pesquisa envolvendo seres humanos estipuladas na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. A avaliação do torque extensor e flexor do joelho e da TDF será realizada no dinamômetro isocinético Biodex Multi Joint System 4 (Biodex Medical Systems Inc., New York, USA), utilizando-se uma frequência de amostragem de 100 Hz. Para o cálculo do momento externo abductor do joelho durante o side-step cutting será utilizada uma plataforma de força da marca AMTI Force and Motion (Modelo OPT400600HF-2000), sincronizada com o sistema de captura e análise de movimento Vicon (Vicon Motion Systems Ltd, Oxford). A plataforma de força possui amplificador de ganho digital de 16 bits embutido. Os dados da força de reação do solo serão coletados usando uma frequência de amostragem de 1500 Hz. Para captura e análise dos dados cinemáticos durante o side-step cutting será utilizado o sistema de captura e análise do movimento Vicon (Vicon Motion Systems Ltd, Oxford). Serão utilizadas seis câmeras Vicon Bonita 10 e duas câmeras Vicon VERO 2.2, a uma frequência de amostragem de 240 Hz. A aquisição dos dados será feita utilizando os softwares Nexus System 2.1.1 (Vicon Motion Systems Ltd, Oxford) e 3D Motion Monitor Software (Innovative Sports Training, Chicago). Inicialmente, serão coletados os dados antropométricos, incluindo a massa corporal e a estatura. As participantes serão orientadas a não realizarem nenhuma atividade física fora do habitual por pelo menos 48 horas antes das avaliações. As coletas ocorrerão em ambiente climatizado (temperatura: 21-23°C). Para todas as avaliações as participantes irão vestir shorts de lycra e top esportivo e usarão um calçado esportivo neutro da marca Asics (Asics Gel- Equation, ASICS, Kobe, Japão), fornecido pelo avaliador. Como apontado anteriormente, as avaliações serão realizadas em apenas um momento. Primeiramente, será feita a avaliação biomecânica durante o step-side cutting e, posteriormente, a avaliação do torque extensor e flexor do joelho e da TDF dos músculos extensores e flexores do joelho no dinamômetro isocinético. As avaliações serão realizadas no membro inferior dominante. Esse membro será

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



considerado como sendo o usado pela participante para chutar uma bola o mais longe possível (23).

**Objetivo da Pesquisa:**

As informações referente ao objetivo da pesquisa foram extraídas dos seguintes documentos PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_2272210, TCLE\_atualizado e Projeto\_Mestrado\_CEP atualizado anexados em 07/03/2024

**Objetivo Primário:**

O objetivo do estudo é verificar se o torque extensor e flexor do joelho e a TDF dos músculos extensores e flexores do joelho estão associados à magnitude do momento externo abdutor do joelho, em mulheres atletas, durante o side-step cutting.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

As informações da Avaliação dos Riscos e Benefícios foram extraídas dos seguintes documentos PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_2272210, TCLE\_atualizado e Projeto\_Mestrado\_CEP atualizado anexados em 07/03/2024

**Riscos:**

Os riscos e desconfortos durante a participação no estudo são baixos. Os desconfortos envolvidos na avaliação são mínimos ou escassos. Nessa avaliação, inicialmente serão coletadas informações relacionadas à identificação da participante e para a verificação dos critérios de inclusão e exclusão do estudo. Além disso, será realizada a avaliação do momento externo abdutor do joelho durante o side-step cutting. No entanto, os riscos e desconfortos durante essa tarefa são mínimos, pois se trata de um movimento que está presente no esporte que você pratica. Também será realizada a avaliação isocinética. Durante a avaliação isocinética (avaliação da força e do tempo que demora para os músculos da coxa atingirem a força máxima), você poderá apresentar algum desconforto devido ao esforço que é realizado durante o teste. Neste caso, o avaliador/pesquisador responsável te dará total suporte durante a coleta dos dados e, caso fique incomodada, você poderá solicitar a interrupção da coleta. Nos primeiros dias após a realização da avaliação isocinética, você poderá apresentar uma leve dor muscular.

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9685

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



Continuação do Parecer: 6.721.444

Caso isso aconteça, o pesquisador responsável também te fornecerá total suporte. Além disso, sinais de mal estar ou sensação desagradável de perturbação do organismo (por exemplo: enjoo, alterações na pressão sanguínea, desconforto gastrointestinal), devido aos testes realizados, serão considerados como critérios de descontinuação do teste. Caso isto ocorra, a senhora será assistida imediatamente pelo pesquisador responsável e, também, pelo tempo necessário.

**Benefícios:**

Os benefícios relacionados à sua participação são: 1- contribuir para um melhor conhecimento da relação entre a força muscular e do tempo que demora para os músculos da coxa atingirem a força máxima com o momento externo abdutor do joelho (principal fator associado à lesão do LCA em mulheres atletas) e, assim, possibilitar a elaboração de intervenções que visem a prevenção da lesão do LCA; e 2- você receberá um relatório com os resultados da avaliação isocinética. Essa avaliação é o melhor método existente para medir o desempenho muscular. Essa avaliação é usada por muitas equipes esportivas como um guia para a elaboração de estratégias de prevenção de lesões, bem como para se saber sobre o desempenho físico dos atletas.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de uma pesquisa que deve seguir os preceitos éticos estabelecidos pela Resolução CNS nº 466/2012 suas complementares.

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

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

**Recomendações:**

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

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

As conclusões deste parecer foram tomadas a partir da análise dos seguintes documentos PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_2272210, TCLE\_atualizado e Projeto\_Mestrado\_CEP atualizado anexados em 07/03/2024.

Diante do exposto, o Comitê de ética em pesquisa - CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e 510 de 2016, manifesta-se por considerar "Aprovado" o projeto.

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9685

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



Continuação do Parecer: 6.721.444

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Diante do exposto, o Comitê de ética em pesquisa - CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e 510 de 2016, manifesta-se por considerar "Aprovado" o projeto. A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe, após aprovação deste Comitê de Ética em Pesquisa: II - conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido; III - apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento; IV - manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa; V - apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção. Este relatório final deverá ser protocolado via notificação na Plataforma Brasil. OBSERVAÇÃO: Nos documentos encaminhados por Notificação NÃO DEVE constar alteração no conteúdo do projeto. Caso o projeto tenha sofrido alterações, o pesquisador deverá submeter uma "EMENDA".

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

| Tipo Documento  | Arquivo                                       | Postagem               | Autor  | Situação |
|---|---|------------------------|--|----------|
| Informações Básicas do Projeto                            | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2272210.pdf | 07/03/2024<br>23:08:47 |  | Aceito   |
| Folha de Rosto  | Folha_de_Rosto_completo.pdf                   | 07/03/2024<br>23:07:31 | VINICIUS<br>BIANQUINI<br>VITERBO<br>MONTILHA | Aceito   |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_atualizado.pdf                           | 05/03/2024<br>14:21:37 | VINICIUS<br>BIANQUINI<br>VITERBO<br>MONTILHA | Aceito   |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador                 | Projeto_Mestrado_CEP_atualizado.pdf           | 05/03/2024<br>14:18:24 | VINICIUS<br>BIANQUINI<br>VITERBO<br>MONTILHA | Aceito   |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS - UFSCAR



Continuação do Parecer: 6.721.444

SAO CARLOS, 24 de Março de 2024

---

**Assinado por:**  
**Sonia Regina Zerbetto**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9685

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

## 9 APÊNDICE 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA - PPGFT

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

(Resolução nº466/2012 do Conselho Nacional de Saúde)

#### **ASSOCIAÇÃO ENTRE A FORÇA E A TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA DOS MÚSCULOS ISQUIOTIBIAIS E QUADRÍCEPS COM A MAGNITUDE DO MOMENTO EXTERNO ABDUTOR DO JOELHO EM MULHERES ATLETAS DURANTE O *SIDE-STEP CUTTING***

A Senhora está sendo convidada para participar do estudo “Associação entre a força e a taxa de desenvolvimento de força dos músculos isquiotibiais e quadríceps com a magnitude do momento externo abdutor do joelho em mulheres atletas durante o *side-step cutting*”.

O objetivo deste estudo é avaliar se a força muscular e o tempo para atingir a força muscular máxima são fatores que têm relação com o momento externo abdutor do joelho (força que faz o joelho ir para dentro) durante uma tarefa que envolve uma corrida com mudança de direção, chamada *side-step cutting*.

Esse estudo justifica-se pois, embora se saiba que o alto momento externo abdutor do joelho está associado à lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) em mulheres atletas, não há clareza se a força dos músculos localizados na frente (quadríceps) e atrás da coxa (isquiotibiais), bem como se o tempo que esses músculos demoram para atingir suas forças máximas quando eles contraem, influenciam a magnitude do momento externo abdutor do joelho quando a atleta está correndo e muda a direção da corrida.

A Senhora foi selecionada por ter idade entre 18 e 35 anos, ser fisicamente ativa e praticar esporte com mudanças de direção por pelo menos 30 minutos por dia por pelo menos 3x/semana, ser do sexo feminino e não apresentar lesões nas pernas ou no tronco nos últimos seis meses, além de não ter histórico de cirurgia decorrentes de lesões nas articulações, músculos e/ou ossos dos membros inferiores. Sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento a senhora pode desistir de participar e retirar seu consentimento. A sua recusa não trará nenhum prejuízo na sua relação com o pesquisador ou com a instituição que forneceu os dados.

Sua participação será realizada em um único dia e consistirá em:  
1- Participar de uma triagem inicial para avaliar a possibilidade da inclusão ou não no estudo. Caso você não atenda os critérios para participar dessa pesquisa, você será orientada e poderá entrar em contato com os pesquisadores se tiver alguma dúvida, conforme dados apresentados abaixo. Agora, caso você seja incluída no estudo e concorde em participar, serão coletadas, inicialmente, informações sobre dados antropométricos (por exemplo, altura e massa corporal),

bem como algumas informações adicionais como, por exemplo, qual o seu membro inferior dominante;

2- Para a avaliação do momento externo abductor do joelho durante a tarefa de mudança de direção (*side-step cutting*), alguns marcadores refletivos (bolinhas de 14 mm de diâmetro que refletem à luz) serão fixados, por meio de fita adesiva dupla-face, em pontos específicos da pele das regiões da cintura, coxa e pelve. Além disso, serão usadas seis câmeras, que farão a captura do movimento dos marcadores, e uma plataforma de força, que informará sobre a força aplicada pelo seu pé no chão quando você estiver fazendo a mudança de direção. Nessa avaliação, você correrá uma distância de aproximadamente cinco metros, pisará com um dos pés na plataforma de força e mudará a direção da corrida em 45°. Uma fita adesiva colada no chão te orientará quanto à direção da mudança de direção da corrida. Serão feitas mudanças de direção para o lado direito e esquerdo. Na mudança de direção para o lado direito, você fará a corrida inicial, pisará na plataforma de força com o pé esquerdo e mudará a direção da corrida em 45° para a direita. Na mudança de direção para o lado esquerdo, o oposto será realizado;

3- A avaliação da força e do tempo que demora para os músculos da coxa atingirem a força máxima será realizada em um aparelho isocinético. As avaliações serão realizadas de forma isométrica (quando os músculos contraem, mas o joelho não se move), bem como concêntrica e excêntrica (quando os músculos contraem e o joelho se move).

As avaliações serão realizadas no Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (LAIOT) e no Laboratório de Dinamometria Isocinética, ambos pertencentes ao Departamento de Fisioterapia (DFisio) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), localizado na Rua das Saíras, na Área Norte, Rod. Washington Luís, km 235, Monjolinho, São Carlos/SP, Caixa Postal 676. CEP: 13565-905.

Os riscos e desconfortos durante a participação no estudo são baixos. Os desconfortos envolvidos na avaliação são mínimos ou escassos. Nessa avaliação, inicialmente serão coletadas informações relacionadas à identificação da participante e para a verificação dos critérios de inclusão e exclusão do estudo. Além disso, será realizada a avaliação do momento externo abductor do joelho durante o *side-step cutting*. No entanto, os riscos e desconfortos durante essa tarefa são mínimos, pois se trata de um movimento que está presente no esporte que você pratica. Também será realizada a avaliação isocinética. Durante a avaliação isocinética (avaliação da força e do tempo que demora para os músculos da coxa atingirem a força máxima), você poderá apresentar algum desconforto devido ao esforço que é realizado durante o teste. Neste caso, o avaliador/pesquisador responsável te dará total suporte durante a coleta dos dados e, caso fique incomodada, você poderá solicitar a interrupção da coleta. Nos primeiros dias após a realização da avaliação isocinética, você poderá apresentar uma leve dor muscular. Caso isso aconteça, o pesquisador responsável também te fornecerá total suporte. Além disso, sinais de mal estar ou sensação desagradável de perturbação do organismo (por exemplo: enjoo, alterações na pressão sanguínea, desconforto gastrointestinal), devido aos testes realizados, serão considerados como critérios de descontinuação do teste. Caso isto ocorra, a senhora será assistida imediatamente pelo pesquisador responsável e, também, pelo tempo necessário.

Os benefícios relacionados à sua participação são: 1- contribuir para um melhor conhecimento da relação entre a força muscular e do tempo que demora para os músculos da coxa atingirem a força máxima com o momento externo abductor do joelho (principal fator associado à lesão do LCA em mulheres atletas) e, assim, possibilitar a elaboração de intervenções que visem a prevenção da lesão do LCA; e 2- você receberá um relatório com os resultados da avaliação isocinética. Essa avaliação é o melhor método existente para medir o desempenho muscular.

Essa avaliação é usada por muitas equipes esportivas como um guia para a elaboração de estratégias de prevenção de lesões, bem como para se saber sobre o desempenho físico dos atletas.

O pesquisador responsável pelo estudo é o fisioterapeuta Vinícius Bianchini Viterbo Montilha, que pode ser encontrado no Departamento de Fisioterapia da UFSCar, situado na Rua das Saíras, na Área Norte, Rod. Washington Luís, km 235, Monjolinho, São Carlos/SP, Caixa Postal 676. CEP: 13565-905 Telefone: (16) 997552103, e-mail: [vinicius9@estudante.ufscar.br](mailto:vinicius9@estudante.ufscar.br).

A pesquisa será realizada por profissionais capacitados na aplicação dos testes referidos neste projeto. Caso tenha alguma dúvida, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável pela pesquisa a qualquer momento. Você será informada sobre todos os procedimentos relacionados à sua participação no estudo, sendo que pode recusar a sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalização ou prejuízo.

Vale salientar que suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, ou seja, em nenhum momento será divulgado seu nome em qualquer fase do estudo. O armazenamento dos dados coletados será feito em um dispositivo externo portátil (HD externo) sob a guarda do pesquisador responsável. A senhora poderá obter livre acesso aos seus dados coletados ou resultados obtidos nas avaliações, mediante a solicitação ao pesquisador responsável. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada. Os dados coletados poderão ter seus resultados divulgados em eventos, revistas e/ou trabalhos científicos.

Você não terá despesa alguma com a participação na pesquisa. Entretanto, você será ressarcida caso haja gastos decorrentes exclusivamente da sua participação na pesquisa, como por exemplo, alimentação. Você terá direito a indenização conforme as leis vigentes no país, caso ocorra dano ou lesão decorrentes de sua participação na pesquisa.

Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador responsável. Nesse termo, consta o telefone e o endereço do pesquisador responsável. Você poderá tirar suas dúvidas sobre a pesquisa e sua participação agora ou a qualquer momento.

Esse projeto de pesquisa foi aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar dos participantes de pesquisas. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, entre em contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP)** da UFSCar, que está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade, localizado no prédio da reitoria (área sul do campus São Carlos). Endereço: Rodovia Washington Luís km 235 - CEP: 13.565-905 - São Carlos-SP. Telefone: (16) 3351-9685. E-mail: [cephumanos@ufscar.br](mailto:cephumanos@ufscar.br). Horário de atendimento: das 08:30 às 11:30.

O CEP está vinculado à **Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP)** do Conselho Nacional de Saúde (CNS), e o seu funcionamento e atuação são regidos pelas normativas do CNS/Conep. A CONEP tem a função de implementar as normas e diretrizes regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, aprovadas pelo CNS, também atuando conjuntamente com uma rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) organizados nas instituições onde as pesquisas se realizam. Endereço: SRTV 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

- Asa Norte - CEP: 70719-040 - Brasília-DF. Telefone: (61) 3315-5877 E-mail: conep@saude.gov.br.

**Dados para contato (24 horas por dia e sete dias por semana):**

Pesquisador Responsável: Vinícius Bianchini Viterbo Montilha

Contato telefônico: (16) 99755-2103 E-mail: [vinicius9@estudante.ufscar.br](mailto:vinicius9@estudante.ufscar.br).

Endereço: Rua Santa Cruz, 683, Centreville, São Carlos- SP

**Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.**

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

---

Nome do Pesquisador

---

Nome do Participante