

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GABRIELLY DALCANALE MARTINS

**ANÁLISE DOS MOMENTOS ARTICULARES NO GESTO DA MUDANÇA DE
DIREÇÃO EM SALTOS**

Uruguaiana, RS, Brasil

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

Martins, Gabrielly Dalcanale

Análise dos momentos articulares no gesto da mudança de direção em saltos/ Gabrielly Dalcanale Martins – 2023.

Orientador: Felipe Pivetta Carpes

Trabalho de Conclusão de Curso (Fisioterapia) – Universidade
Federal do Pampa, Análise dos momentos articulares no gesto da mudança de
direção em saltos, Campus Uruguaiana, 2023.

1. Cinética. 2. Cinemática . 3. Contribuição Articular. Análise dos momentos
articulares no gesto da mudança de direção em saltos.

GABRIELLY DALCANALE MARTINS

**ANÁLISE DOS MOMENTOS ARTICULARES NO GESTO DA MUDANÇA DE
DIREÇÃO EM SALTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Fisioterapia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Fisioterapia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 24 de Janeiro de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Felipe Pivetta Carpes
Orientador
UNIPAMPA

Dr. Renato Ribeiro Azevedo
UNIPAMPA

Ft. Inaê de Oliveira Marcelo
UNIPAMPA

GABRIELLY DALCANALE MARTINS

**ANÁLISE DOS MOMENTOS ARTICULARES NO GESTO DA MUDANÇA DE
DIREÇÃO EM SALTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Fisioterapia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Fisioterapia.

Orientador: Felipe Pivetta Carpes

Coorientadora: Karine Josibel Velasques
Stoelben

Uruguaiiana, RS, Brasil

2023

ANÁLISE DOS MOMENTOS ARTICULARES NO GESTO DA MUDANÇA DE DIREÇÃO EM SALTOS

Gabrielly Dalcanale Martins¹, Karine Josibel Velasques Stoelben^{1,2}, Felipe Pivetta Carpes¹

¹ Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada, Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, RS, Brasil.

² Children Hospital of Eastern Ontario Research Institute, Ottawa, ON, Canadá.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Brasil) pelo financiamento recebido.

Endereço para correspondência:

Felipe P Carpes, Ph.D

Universidade Federal do Pampa – Laboratório de Neuromecânica

97500-970, Uruguaiana, RS, Brasil

Telefone: +55 55 3911 0225

Email: carpes@unipampa.edu.br

AGRADECIMENTOS

Aos meus avós, Ademir e Celina, Aulê e Ileuza, por viverem esse sonho junto comigo.

Aos meus pais, Wladimir e Elizangela e meu irmão Lucas, por todo apoio e incentivo ao longo desses anos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Felipe Carpes, por acreditar no meu potencial, pelo incentivo sempre nos motivando a buscar aquilo que acreditamos.

A minha co-orientadora Dr. Karine Stoelben, por todo apoio e auxílio, sempre me fazendo acreditar e me incentivando na realização desse trabalho.

As minhas amigas, Natally, Natália e Maria Eduarda, por serem meu apoio durante todo esse processo da graduação, não foi fácil, mas chegamos, gurias.

Ao Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada pela amizade, parceria e muitos momentos de ciência de maneira séria e ao mesmo tempo descontraída.

E a todos os professores da Universidade Federal do Pampa, por me auxiliarem a construir esse caminho, cada um agregando conhecimentos e vivências nessa caminhada.

"Que os nossos esforços desafiem as impossibilidades. Lembrai-vos de que as grandes proezas da história foram conquistas daquilo que parecia impossível."

Charlie Chaplin

RESUMO

Objetivo: Analisar se as contribuições de quadril, joelho e tornozelo na geração de momento articular diferem durante uma atividade de mudança de direção inesperada.

Materiais e métodos: Dez participantes do sexo masculino [média (DP): 24(3) anos, 79,5(0,7) kg de massa corporal e 1,77(0,03) cm de estatura] e sem lesão de membros inferiores realizaram uma mudança de direção inesperada após aterrissar de salto vertical. O lado foi indicado em um painel luminoso. Quinze câmeras infravermelhas capturaram o movimento (Bonita B10, Vicon Motion Systems, Oxford, Reino Unido, amostragem 200 Hz) e 2 plataformas de força registraram os dados cinéticos (OR6-2000, AMTI Inc., EUA, amostragem 2 kHz). Três tentativas foram registradas para cada lado, em ordem randomizada. Foi realizado o somatório absoluto dos momentos das 3 articulações no plano sagital e frontal e verificada a contribuição relativa de cada articulação. A comparação entre a contribuição de cada articulação, na fase de aterrissagem e propulsão da mudança de direção, foi realizada identificando na curva de dados quando os intervalos de confiança não se sobrepuseram. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa local (CAAE 96793518.3.0000.5323).

Resultados: Na mudança de direção após uma aterrissagem de salto, maior contribuição do tornozelo foi identificada nos momentos articulares do plano sagital, enquanto no plano frontal o joelho seguido do quadril apresentou maior contribuição. A combinação de momentos articulares em diferentes planos reflete a demanda mecânica que a mudança de direção exige para prover estabilidade e propulsão na execução de um gesto motor em alta velocidade. **Conclusão:** A mudança de direção inesperada gera demanda mecânica diferente no plano sagital e no plano frontal, com maior exigência sobre tornozelo e joelho, respectivamente. Esses resultados auxiliam na tomada de decisão para o treinamento e prevenção de lesão em ações esportivas com mudança de direção.

Palavras chaves: Cinética. Cinemática. Contribuição articular.

ABSTRACT

Objective: To analyze if joint contribution of moment production differs between the hip, knee and ankle joints in an unexpected change of direction. **Materials and Methods:** 10 male participants [mean (SD): 24(3) years old, 79.5(0.7) kg of body mass and 1.77(0.03) cm of height] without lower extremity injuries performed an unexpected change of direction upon landing from a vertical jump. The side was indicated on the panel with a light in front of them. The panel light was turned on during the flight phase, indicating the direction change side. Fifteen infrared cameras captured the movement (Bonita B10, Vicon Motion Systems, Oxford, Reino Unido, sampling at 200 Hz) and 2 force plates recorded the kinetic data (OR6-2000, AMTI Inc., EUA, sampling at 2 kHz). Three trials were recorded for each side in randomized order. The absolute sum of joint moment in the sagittal and frontal plane was estimated and each joint's relative contribution was identified. The comparison between joints during landing and propulsion of change of direction was placed on data series when the confidence intervals did not overlap. The local ethics and research committee approved this study (CAAE 96793518.3.0000.5323). **Results:** The ankle presented a higher contribution to moment production in the sagittal plane, while the knee and hip were in the frontal plane during a change of direction after landing from a jump. The joint moment combination in different planes of motion reflects the mechanical demand of change of direction required to provide stability and propulsion during the execution of high-speed motion. **Conclusion:** Unexpected change of direction leads to different demands in sagittal and frontal planes, showing a higher contribution of ankle and knee, respectively. These results help decision-making for training and injury prevention in sports involving a change of direction.

Keywords: Kinetics. Kinematics. Joint contribution.

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 - Desenho experimental.....	7
Figura 2 - Ilustração do movimento realizado durante a tarefa de mudança de direção.....	9
Figura 3 - Gráfico da contribuição relativa das articulações no plano sagital das pernas preferida e não preferida.....	12
Figura 4 - Gráfico da contribuição relativa das articulações no plano frontal das pernas preferida e não preferida.....	14
Figura 5 - Gráfico da contribuição relativa de quadril, joelho e tornozelo no plano sagital entre as pernas preferida e não preferida.....	15
Figura 6 - Gráfico da contribuição relativa de quadril, joelho e tornozelo no plano frontal entre as pernas preferida e não preferida.....	16

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
Participantes e desenho experimental	13
Procedimentos	14
Análise dos dados.....	17
3 RESULTADOS	17
4 DISCUSSÃO	24
5 CONCLUSÃO.....	25

1 INTRODUÇÃO

Esportes multidirecionais frequentemente requerem sucessivas manobras de maneira rápida e ágil. A manobra de mudança de direção necessita de uma grande demanda dos membros inferiores, principalmente para a atividade de aceleração e desaceleração (1). A mudança de direção é caracterizada por duas principais fases, onde pode-se dividir em aterrissagem e propulsão (2). Alguns fatores são importante para uma melhor eficácia no momento da manobra, como estabilização de componentes passivos, como os ligamentos (3,4). Porém, quando realizados movimentos como a ação de diferentes articulações em adução e rotação medial do quadril, valgo do joelho, rotação externa da tíbia e pronação do tornozelo (5) o atleta acaba apresentando maior chance de lesões de membro inferior.

A taxa de lesão nessa atividade é alta, podendo ser a partir de fatores intrínsecos, como idade, sexo e capacidade física, ou extrínsecos, como a forma do treinamento, local de treino ou jogo ou até mesmo condições climáticas (6). Ocorre em condições traumáticas, gerado a partir de contato físico direto ou indireto ou não traumática, gerado a partir do longo do tempo pela sobrecarga (6). A maior prevalência de lesão ocorre nas regiões de tornozelo e joelho (7–9). Essas lesões tem um impacto importante, tanto sobre os aspectos físicos, quanto psicológicos dos atletas, gerando alto custo para tratamento e afastamento da prática (10) e ocorrem frequentemente sem o contato físico, principalmente em atividades de aterrissagem de salto vertical, mudança de direção inesperada ou desaceleração brusca (11).

Pela alta demanda de lesões nas extremidades inferiores, frequentemente são realizados testes com saltos verticais e horizontais para avaliação de desempenho e comparações entre quadril, joelho e tornozelo (12). Em um estudo que comparou as fases de propulsão e aterrissagem do salto horizontal e vertical, foi concluído que durante a fase de propulsão a maior contribuição relativa foi realizada pelo joelho no salto vertical e pelo quadril durante o salto horizontal, enquanto na fase de aterrissagem, o tornozelo foi o principal contribuinte no salto vertical e o joelho no salto horizontal (13). Porém, ainda não se sabe o quanto as articulações das extremidades inferiores estão envolvidas e contribuem individualmente em uma tarefa de mudança de direção. Essas informações contribuiriam no entendimento de qual a articulação sofre maior demanda, podendo gerar maior sobrecarga desta articulação durante uma manobra de mudança de direção inesperada auxiliando profissionais da saúde no

direcionamento de treinamento de desempenho e, conseqüentemente, de prevenção de lesões.

Com isso, o objetivo desse estudo é identificar se a contribuição relativa para produção do momento articular no plano sagital e frontal é diferente entre quadril, joelho e tornozelo em uma atividade de mudança inesperada de direção em saltos. Além disso, identificamos se há diferença entre os membros preferido e não preferido. Nossa hipótese é de que

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes e desenho experimental

Participaram desse estudo indivíduos do sexo masculino, com idade entre 18 e 30 anos, que realizassem entre 80 e 150 minutos de exercício físico por semana, sem qualquer histórico de lesão membros inferiores pelo menos nos últimos 6 meses e com índice de massa corporal abaixo de 35kg/m². Os participantes foram recrutados através de divulgação da pesquisa online (redes sociais) e na comunidade universitária (folders pelo campus da Universidade). Todos os participantes assinaram um termo de consentimento aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da instituição local (CAAE 96793518.3.0000.5323).

Os participantes foram instruídos a comparecer no laboratório em único dia para a realização da avaliação, no horário de acordo com a sua disponibilidade. A avaliação consistiu em coleta da anamnese e a realização de tarefas de mudança de direção em que as medidas biomecânicas foram realizadas (Figura 1).

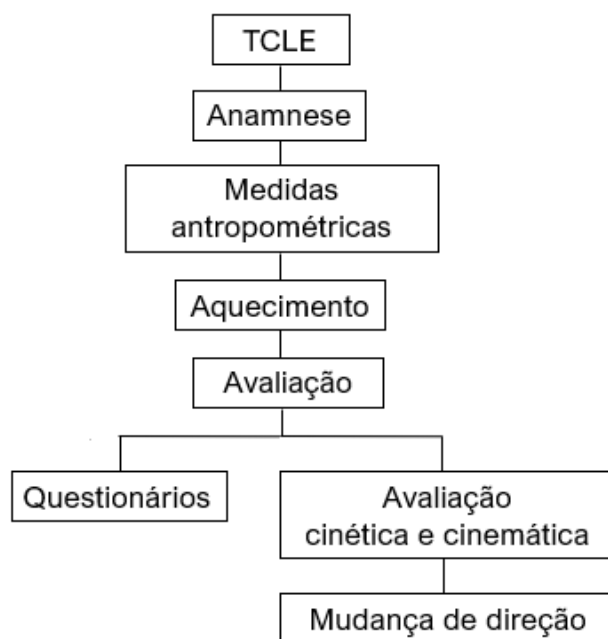


Figura 1. Desenho experimental. TCLE: Termo de consentimento livre e esclarecido.

Procedimentos

Foi realizado uma anamnese e medidas antropométricas (massa corporal, estatura, comprimento dos membros inferiores, distância intercondilar, intermaleolar e entre as espinhas ilíacas anterossuperiores). A preferência lateral foi definida como a perna que o participante usaria para chutar uma bola. Em seguida, foram realizados saltos verticais para o aquecimento do participante. Posteriormente, foi realizada a avaliação da tarefa de mudança de direção.

Para análise da tarefa de mudança de direção foi realizada uma avaliação cinética e cinemática tridimensional. Para obtenção dos dados cinemáticos foi utilizado um sistema de cinematria 3D, com 15 câmeras infravermelho (Bonita B10 Vicon Motion Systems, Oxford, Reino Unido) e frequência de amostragem de 200Hz. Marcadores reflexivos foram posicionados conforme o modelo *Plug In Gait full body* adaptado (Vicon Motion Systems, Oxford, Reino Unido) em referências anatômicas na clavícula, esterno, 7^a vértebra cervical, 10^a vértebra torácica, escápula e em ambos os lados das espinhas ilíacas superiores anterior e posterior, coxa lateral, eixo articular do joelho, perna, tuberosidade da tíbia, calcâneo, maléolo lateral e segundo metatarso em ambos os membros inferiores. Todos os marcadores foram posicionados pelo mesmo avaliador. Os dados cinéticos foram avaliados através da força de reação do

solo, obtidos por duas plataformas de força (OR6 - 2000 AMTI Inc., Watertown, MA), com frequência de aquisição de 2000Hz, sincronizadas com o sistema de cinemetria.

Para a realização da tarefa de mudança de direção, foi construído um painel com tecido preto e duas lâmpadas em ambas as extremidades superiores, que auxiliaram o participante indicando o lado em que deveria ocorrer a mudança de direção. A tarefa de mudança de direção consistiu em um salto vertical bilateral seguido por uma manobra lateral. Os participantes iniciaram em pé sobre as plataformas de força (um pé em cada plataforma). Após o comando do pesquisador, o participante realizava o salto vertical e, no momento que saísse do solo, uma das lâmpadas era acionada, ainda durante a fase aérea do salto vertical. No momento da aterrissagem, com as duas pernas sobre a plataforma de força, o participante realizava imediatamente uma manobra de mudança de direção para o lado em que a luz estivesse acesa (Figura 2) (14).

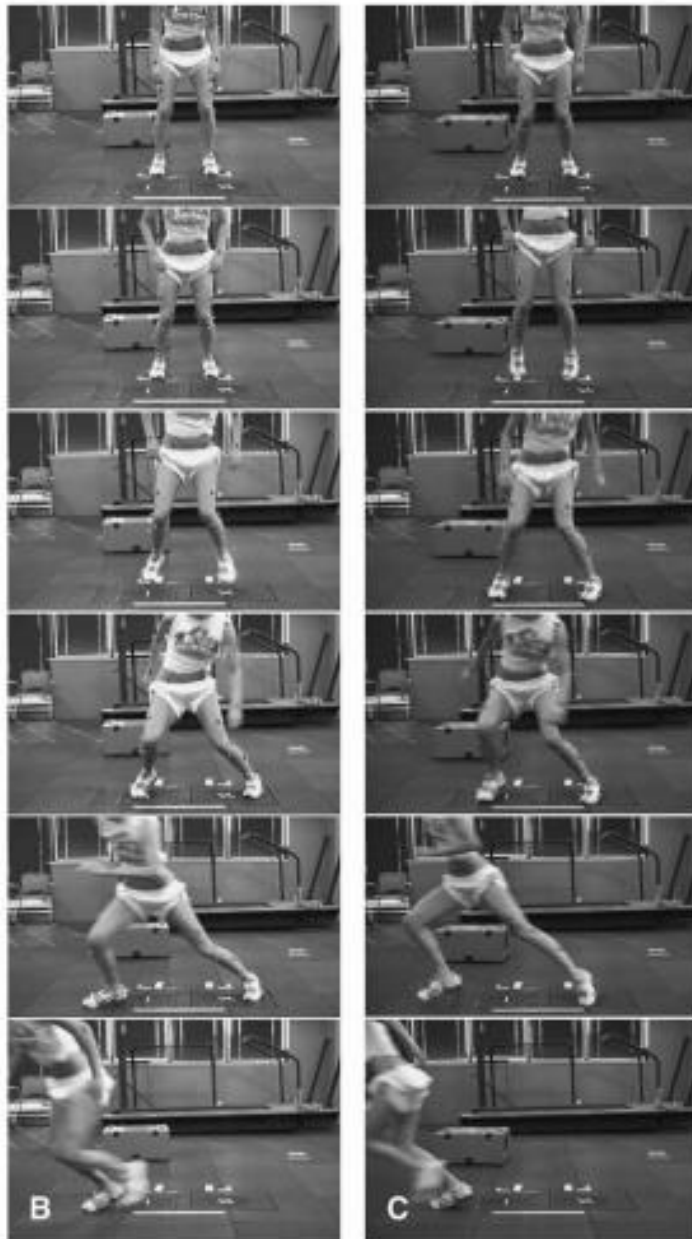


Figura 2. Ilustração do movimento realizado durante a tarefa de mudança de direção. Fonte: Imwalle et al (2009) (14).

Os participantes foram inicialmente instruídos, verbal e visualmente, através de um vídeo demonstrativo quanto a correta de execução da tarefa, e fizeram ao menos 2 tentativas de familiarização para cada lado. As instruções verbais foram: estar com um pé em cada plataforma, mãos na cintura e de frente para o painel com as luzes indicadoras de direção; realizar um salto vertical o mais alto possível; aterrissar com um pé em cada plataforma e na sequência realizar a mudança de direção para o lado da lâmpada acesa. Após a familiarização foram realizadas três tentativas válidas para cada lado. O participante repetiu as tentativas em caso de saltar ou aterrissar com o

pé fora da plataforma, tirar as mãos da cintura ou realizar a manobra para o lado errado. A ordem dos lados foi randomizada por uma geração de lista aleatória para cada participante através do site random.org.

Análise dos dados

Os dados cinéticos e cinemáticos foram filtrados utilizando um filtro Butterworth passa-baixa de 4ª ordem e frequência de corte em 6Hz. Os momentos articulares, foram calculados a partir de equações de dinâmica inversa do modelo Plug In Gait do Vicon, sendo normalizados pelo peso corporal individual.

Para o cálculo da contribuição relativa do momento articular do tornozelo, joelho e quadril, foi realizado o somatório absoluto dos momentos das 3 articulações em cada plano. Então foi realizada a verificação do valor relativo de cada articulação das pernas preferidas e não preferida.

Os dados foram analisados durante as fases de aterrissagem e propulsão. A aterrissagem foi definida como o ponto do contato inicial até a máxima flexão de joelho (15). A propulsão foi definida como a máxima flexão de joelho até a saída do pé (15). O contato de pé foi definido com limiar de 10 N da componente vertical da força de reação do solo, quando ultrapassou 10 N foi definido como contato inicial e inferior a 10 N a saída do pé. Foi realizada a normalização para 101 pontos das curvas de dados para cada fase do movimento.

Para comparar a contribuição relativa das articulações nas fases de aterrissagem e propulsão de cada perna realizamos a comparação das curvas de dados (16). A média e os limites inferiores e superiores do intervalo de confiança (IC) de 95% dos valores dos momentos articulares dos planos sagital e frontal foi calculada a cada 1% de cada fase. Os dados foram plotados e foi considerado como diferença quando os IC não se sobrepuseram por no mínimo 5 porcentagens consecutivas em cada fase da mudança de direção.

3 RESULTADOS

Dez participantes do sexo masculino com média (DP) 24(3) anos, 79,5(0,7) kg de massa corporal e 1,77(0,03) cm de estatura participaram deste estudo. Todos participantes apresentaram a perna direita como preferida.

No plano sagital, quando a perna de apoio para a mudança de direção foi a perna preferida (Figura 3-A), houve maior contribuição do tornozelo quando

comparada a articulação do joelho durante as fases de aterrissagem (3-100%) e de propulsão (0-88%). Na comparação da articulação do tornozelo em relação ao quadril, tivemos uma maior contribuição relativa do tornozelo nas fases de aterrissagem (4-73%) e de propulsão (19-86%). Por fim, analisamos a articulação do joelho em relação ao quadril, onde a articulação do joelho apresenta maior contribuição relativa do momento articular na fase de aterrissagem (28-45%), enquanto o quadril teve maior contribuição na fase de propulsão (0-9%). Em relação as comparações da contribuição relativa do momento articular realizadas entre as articulações da perna não preferida no plano sagital (Figura 3-B), durante a fase da aterrissagem tivemos uma maior contribuição da articulação do tornozelo quando comparado a articulação do joelho (2-29% e 75-100%) e na fase da propulsão o tornozelo também apresentou maior contribuição (0-92%). Na comparação entre tornozelo e quadril, o tornozelo foi o maior contribuinte na fase de aterrissagem (8-76%) e na fase de propulsão (27-93%). Comparando joelho e quadril, o joelho teve uma maior contribuição durante a primeira metade da fase de aterrissagem (25-59%) e o quadril maior contribuição no final da fase de aterrissagem (95-100%) e na fase na propulsão (0-34%).

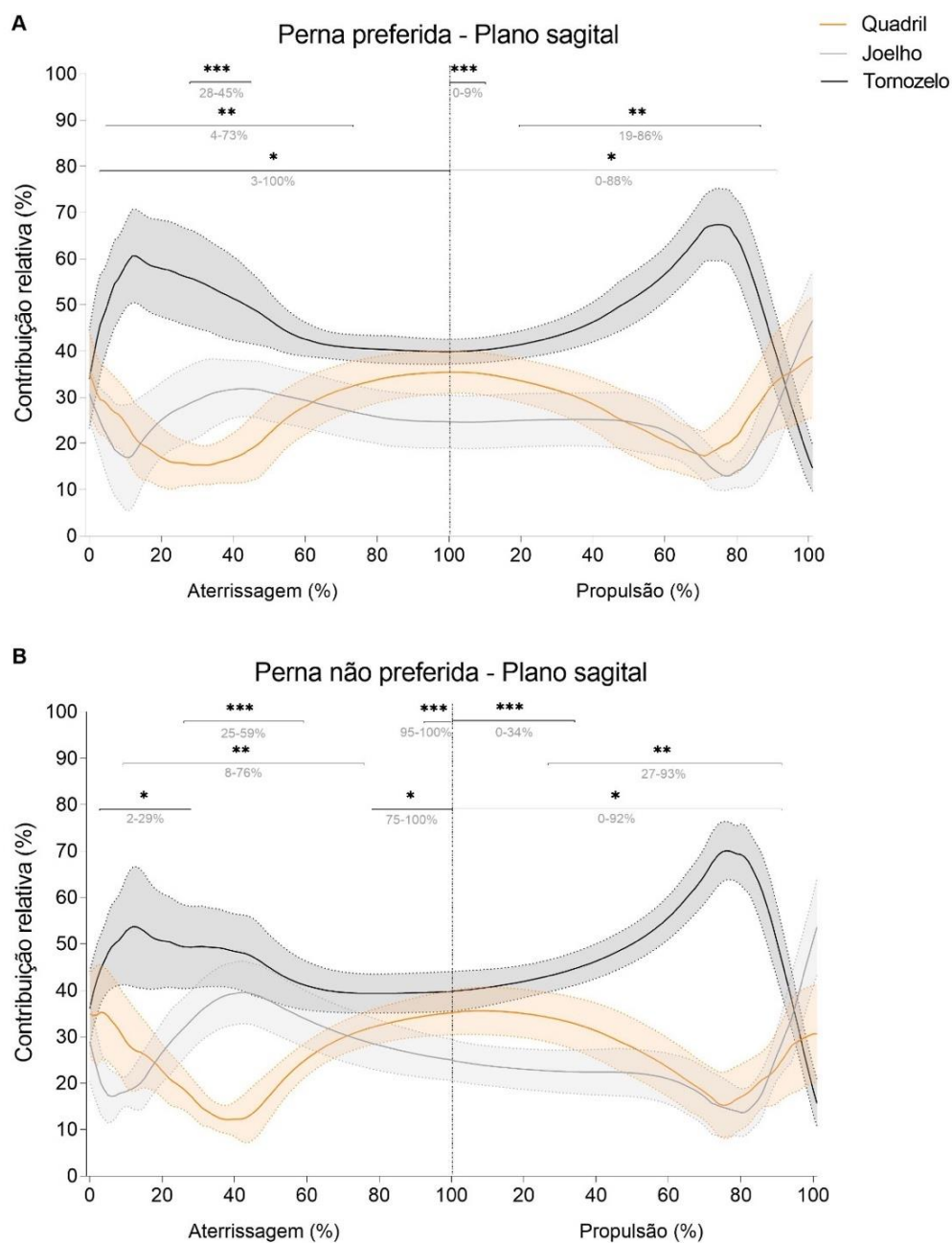


Figura 3. Diferença entre a contribuição relativa das articulações nos momentos articulares do plano sagital das pernas preferida (A) e não preferida (B) durante as fases de aterrissagem e propulsão. Linha contínua indica a média dos valores e linhas pontilhadas indicam limite superior e inferior do intervalo de confiança de 95%. * comparação de tornozelo e joelho; ** comparação de tornozelo e quadril; *** comparação de joelho e quadril.

No plano frontal, ao analisarmos as contribuições relativas do momento articular da perna preferida (Figura 4-A), observamos que na comparação entre tornozelo e joelho, o joelho teve a maior contribuição relativa na maior parte da fase de aterrissagem (10-100%) e no início (0-23%) e final da fase de propulsão (94-100%).

Na comparação entre tornozelo e quadril, a articulação do quadril apresentou maior contribuição relativa durante a fase de aterrissagem (15-33%) e no final da fase de propulsão (80-100%). A articulação do joelho quando comparada a articulação do quadril apresentou maior contribuição relativa durante a fase de aterrissagem (34-100%) e no início da fase de propulsão (0-52%), e o quadril apresentou maior contribuição relativa ao final da fase de propulsão (80-100%). Na análise da perna não preferida no plano frontal (Figura 4-B), na comparação entre as articulações do tornozelo e joelho, o joelho apresentou maior contribuição relativa durante toda a fase de aterrissagem (0-100%), durante o início (0-40%) e o final da fase de propulsão (70-100%). Na comparação entre tornozelo e quadril, o quadril apresentou maior contribuição relativa durante a fase da aterrissagem (0-14%) e durante a fase de propulsão (65-100%). E entre a comparação das articulações joelho e quadril, o joelho apresentou maior contribuição relativa durante a maior parte da fase de aterrissagem (12-100%) e no início da fase de propulsão (0-40%), enquanto a articulação do quadril apresentou maior contribuição relativa no final da fase de propulsão (70-100%).

Quanto as comparações das contribuições relativas entre a perna preferida e não preferida para cada articulação em cada plano, no plano sagital não foram identificadas diferenças (Figura 5). No plano frontal, a perna preferida apresentou maior contribuição que a não preferida na fase da aterrissagem (30-50%) na articulação do quadril (Figura 6-A). Na articulação do joelho, a perna não preferida apresentou maior contribuição durante a fase de aterrissagem (16-77%) (Figura 6-B). Na articulação do tornozelo, a perna preferida apresentou maior contribuição relativa em comparação a perna não preferida na fase de propulsão (70-100%) (Figura 6-C).

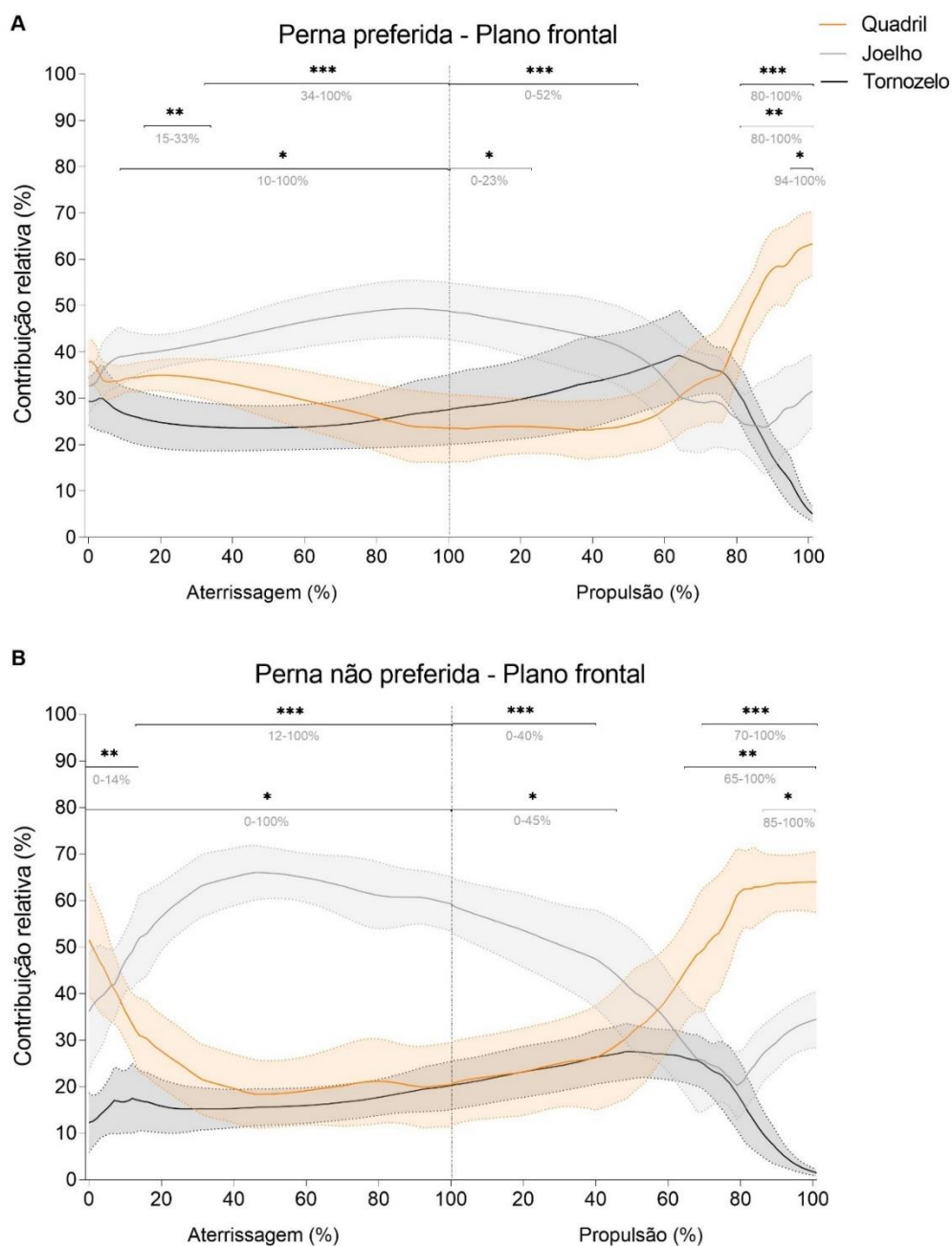


Figura 4. Diferença entre a contribuição relativa das articulações nos momentos articulares do plano frontal das pernas preferida (A) e não preferida (B) durante as fases de aterrissagem e propulsão. Linha contínua indica a média dos valores e linhas pontilhadas indicam limite superior e inferior do intervalo de confiança de 95%. * comparação de tornozelo e joelho; ** comparação de tornozelo e quadril; *** comparação de joelho e quadril.

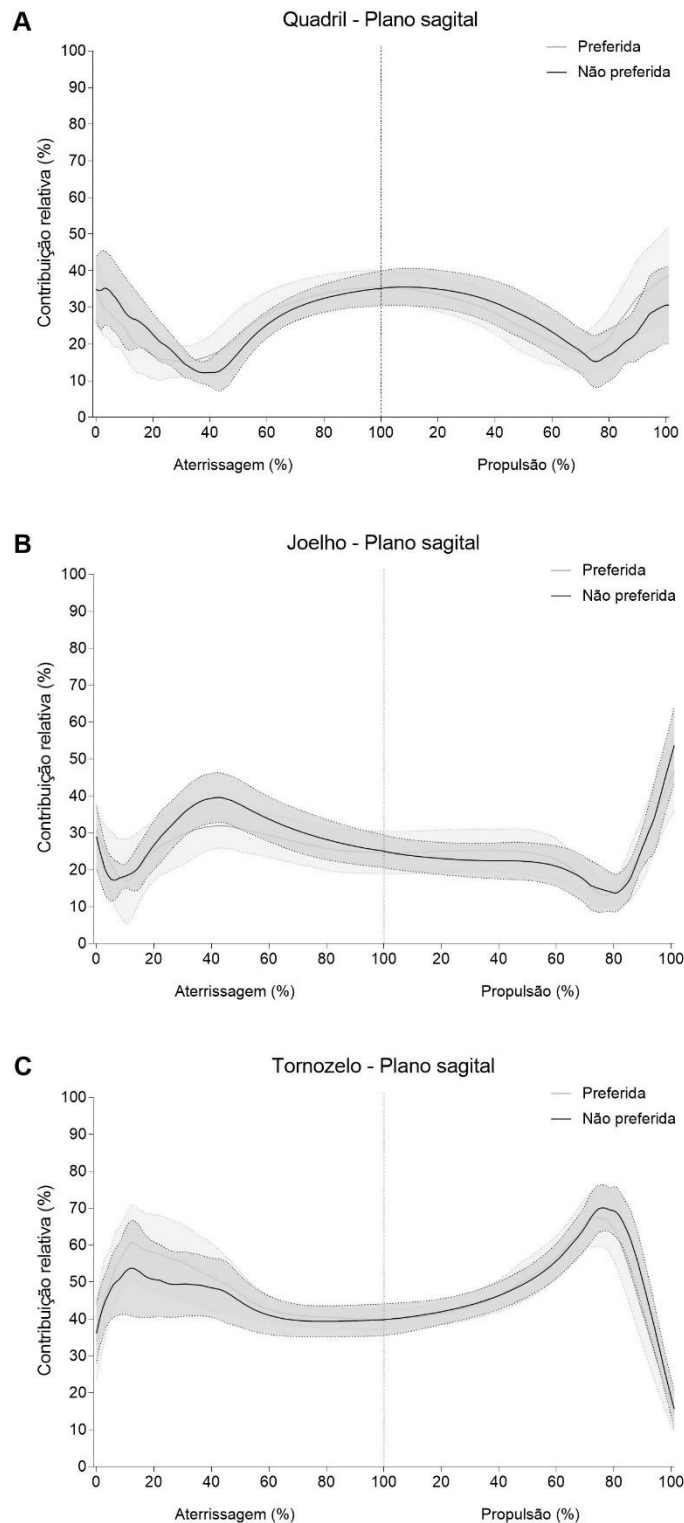


Figura 5. Comparação da contribuição relativa de momento articular do quadril (A), joelho (B) e tornozelo (C) no plano sagital entre as pernas preferida e não preferida durante as fases de aterrissagem e propulsão da mudança de direção. Linha contínua indica a média dos valores e linhas pontilhadas indicam limite superior e inferior do intervalo de confiança de 95%.

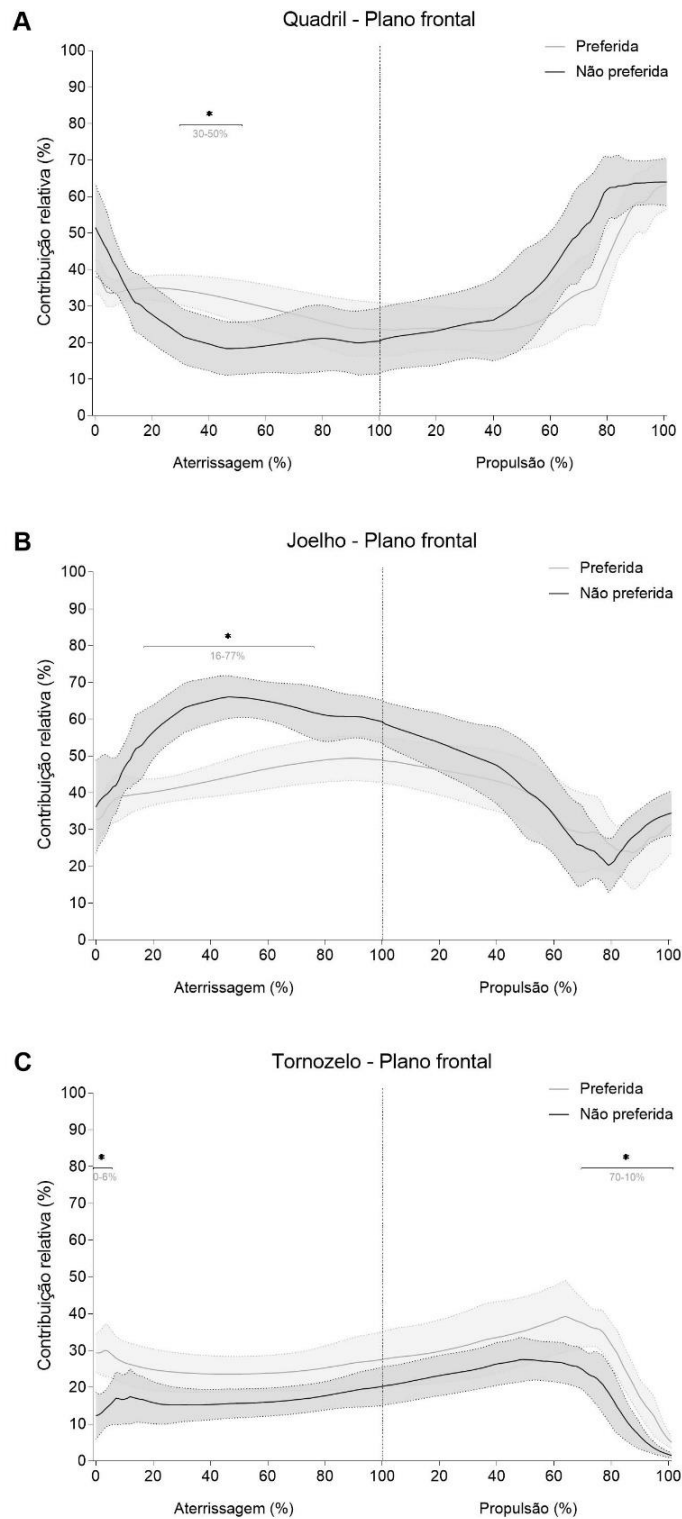


Figura 6. Comparação da contribuição relativa de momento articular do quadril (A), joelho (B) e tornozelo (C) no plano frontal entre as pernas preferida e não preferida durante as fases de aterrissagem e propulsão da mudança de direção. Linha contínua indica a média dos valores e linhas pontilhadas indicam limite superior e inferior do intervalo de confiança de 95%. * diferença entre as pernas.

4 DISCUSSÃO

O objetivo do nosso estudo foi identificar se a contribuição relativa para produção do momento articular no plano sagital e frontal é diferente entre quadril, joelho e tornozelo dos membros preferido e não preferido em uma atividade de mudança inesperada de direção em saltos. Com base nos resultados do nosso estudo, quando analisadas as articulações de tornozelo, joelho e quadril no plano sagital, a articulação do tornozelo teve o maior percentual de contribuição quando comparada ao joelho e quadril, tanto na fase da aterrissagem, quanto na fase de propulsão. Já no plano frontal durante toda a fase de aterrissagem o joelho foi o maior contribuinte comparado ao tornozelo e quadril, enquanto na fase da propulsão, joelho e quadril foram os maiores contribuintes durante a fase de apoio. O detalhamento da demanda mecânica que as diferentes articulações dos membros inferiores experimentam na execução dessa tarefa de mudança de direção nos auxilia em tomadas de decisões para um treinamento específico em diferentes momentos de uma manobra de mudança de direção, melhorando o desempenho atlético e diminuindo a chance de lesões nas extremidades inferiores. Estudos anteriores mostram que quando analisada a contribuição articular das extremidades inferiores em outras atividades, como por exemplo uma caminhada em aclive e declive, as articulações agem de maneiras diferentes, onde o joelho foi o maior contribuinte em uma caminhada em declive, enquanto tornozelo e quadril foram os principais contribuintes em uma caminhada em aclive (17).

No plano sagital, a articulação do tornozelo teve o maior percentual de contribuição relativa enquanto atuando em dorsiflexão. É possível que uma menor amplitude de movimento do tornozelo contribua para esse maior momento articular. A limitação da dorsiflexão provoca alteração na amplitude de movimento das articulações de quadril e joelho (18), além de reduzir a capacidade dessas articulações de absorverem a força de reação do solo durante a fase de aterrissagem de saltos ou mudança de direção (19,20). Essas características biomecânicas na execução do gesto são considerados fatores de risco para lesão no ligamento cruzado anterior do joelho (LCA) (21,22). No estudo de Boden et al. (23) foi demonstrado que atletas com lesões do LCA apresentam menor grau de dorsiflexão, comparado a atletas não lesionados.

No plano frontal, maior contribuição foi observada para a articulação do joelho. Na aterrissagem e mudança de direção, os movimentos do plano frontal têm grande

importância para a absorção de impacto e também podem ser determinantes da presença de fatores de risco para lesões. A maior contribuição do joelho pode ser explicada pelo controle excêntrico exigido para o quadríceps no momento da aterrissagem e logo na extensão do joelho a partir da flexão em que algum nível de adução do quadril geralmente é observado. Contudo, neste plano, a articulação do quadril obteve os menores valores de percentual de contribuição relativa. A musculatura dessa articulação, tem um papel importante no controle do movimento da extremidade inferior e também sofre forças em diferentes magnitudes e direções, com o objetivo de suportar e controlar essas forças, a musculatura envolvida precisa gerar maior força para conseqüentemente ter maior contenção articular (24). A literatura expõe que a fraqueza nessa musculatura provoca outras condições na biomecânica das extremidades inferiores, como lesões e doenças crônicas (25). É possível que essa menor contribuição do quadril possa ser resultado de fraquezas musculares em músculos da cintura pélvica dos participantes.

Nosso estudo tem limitações. Nossos resultados não podem ser expandidos para indivíduos do sexo feminino devido as diferenças entre os sexos e os participantes não tinham experiência com tarefas de salto. Por este motivo, nossas conclusões de aplicam apenas ao grupo avaliado.

5 CONCLUSÃO

A mudança de direção inesperada gera demanda mecânica diferente no plano sagital e no plano frontal, com maior exigência sobre tornozelo e joelho, respectivamente. Esses resultados auxiliam na tomada de decisão para o treinamento e prevenção de lesão em ações esportivas com mudança de direção.

REFERÊNCIAS

1. Trecroci A, Milanović Z, Frontini M, Iaia FM, Alberti G. Physical Performance Comparison Between Under 15 Elite and Sub-Elite Soccer Players. *J Hum Kinet.* 23 de março de 2018;61(1):209–16.
2. Brughelli M, Cronin J, Levin G, Chaouachi A. Understanding Change of Direction Ability in Sport: A Review of Resistance Training Studies. *Sports Med.* 2008;38(12):1045–63.
3. Fatarelli IFC, Almeida GL, Nascimento BG. Lesão e reconstrução do LCA: uma revisão biomecânica e do controle motor. *Braz J Phys Ther Impr.* 2004;197–206.
4. Santos T da S, Junior NR de PCM, Bernasconi RA, Siqueira TDA. A IMPORTÂNCIA DO FORTALECIMENTO DOS MÚSCULOS ESTABILIZADORES DO JOELHO NA MELHORIA DO ASPECTO BIOMECÂNICO. *BIUS -Bol Inf Unimotrisaúde Em Sociogerontologia.* 10 de agosto de 2020;21(15):1–13.
5. Bedo BLS, Cesar GM, Moraes R, Mariano FP, Vieira LHP, Andrade VL, et al. Influence of Side Uncertainty on Knee Kinematics of Female Handball Athletes During Sidestep Cutting Maneuvers. *J Appl Biomech.* 1º de junho de 2021;37(3):188–95.
6. Ferreira M, Mendonça R, Batista C, Noronha F, Tessutti L, Castro H, et al. Prevalência de lesões no futsal: estudo de caso com uma equipe masculina adulta. *Coleç Pesqui Em Educ Física.* 21 de março de 2017;16:115–22.
7. Pasanen K, Ekola T, Vasankari T, Kannus P, Heinonen A, Kujala UM, et al. High ankle injury rate in adolescent basketball: A 3-year prospective follow-up study. *Scand J Med Sci Sports.* junho de 2017;27(6):643–9.
8. Pasanen K, Hietamo J, Vasankari T, Kannus P, Heinonen A, Kujala UM, et al. Acute injuries in Finnish junior floorball league players. *J Sci Med Sport.* março de 2018;21(3):268–73.
9. Injury in the National Basketball Association: A 17-Year Overview - Mark C. Drakos, Benjamin Domb, Chad Starkey, Lisa Callahan, Answorth A. Allen, 2010 [Internet]. [citado 30 de dezembro de 2022]. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1941738109357303>
10. Astur DC, Xerez M, Rozas J, Debieux PV, Franciozi CE, Cohen M. Lesões do ligamento cruzado anterior e do menisco no esporte: incidência, tempo de prática até a lesão e limitações causadas pelo trauma. *Rev Bras Ortop.* novembro de 2016;51(6):652–6.
11. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* julho de 2009;17(7):705–29.

12. Kale M, Aşçi A, Bayrak C, Açıkada C. Relationships among jumping performances and sprint parameters during maximum speed phase in sprinters. *J Strength Cond Res.* novembro de 2009;23(8):2272–9.
13. Kotsifaki A, Korakakis V, Graham-Smith P, Sideris V, Whiteley R. Vertical and Horizontal Hop Performance: Contributions of the Hip, Knee, and Ankle. *Sports Health Multidiscip Approach.* março de 2021;13(2):128–35.
14. Imwalle LE, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Relationship Between Hip and Knee Kinematics in Athletic Women During Cutting Maneuvers: A Possible Link to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury and Prevention. *J Strength Cond Res.* novembro de 2009;23(8):2223–30.
15. Dos'Santos T, Thomas C, McBurnie A, Comfort P, Jones PA. Biomechanical Determinants of Performance and Injury Risk During Cutting: A Performance-Injury Conflict? *Sports Med.* setembro de 2021;51(9):1983–98.
16. Stoelben KJV, Pappas E, Mota CB. Lower extremity joint moments throughout gait at two speeds more than 4 years after ACL reconstruction. *Gait Posture.* maio de 2019;70:347–54.
17. Lower limb joint work and joint work contribution during downhill and uphill walking at different inclinations. *J Biomech.* 16 de agosto de 2017;61:75–80.
18. Fong CM, Blackburn JT, Norcross MF, McGrath M, Padua DA. Ankle-Dorsiflexion Range of Motion and Landing Biomechanics. *J Athl Train.* 1º de janeiro de 2011;46(1):5–10.
19. Stanley LE, Harkey M, Luc-Harkey B, Frank BS, Pietrosimone B, Blackburn JT, et al. Ankle Dorsiflexion displacement is associated with hip and knee kinematics in females following anterior cruciate ligament reconstruction. *Res Sports Med.* 2 de janeiro de 2019;27(1):21–33.
20. Malloy P, Meinerz C, Geiser C, Kipp K. The Association of Dorsiflexion Flexibility on Landing Mechanics during a Drop Vertical Jump. 2016;
21. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* abril de 2005;33(4):492–501.
22. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, Demaio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med.* setembro de 2006;34(9):1512–32.
23. Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med.* fevereiro de 2009;37(2):252–9.

24. Wen DY, Puffer JC, Schmalzried TP. Lower extremity alignment and risk of overuse injuries in runners. *Med Sci Sports Exerc.* outubro de 1997;29(10):1291–8.
25. Steinberg N, Dar G, Dunlop M, Gaida JE. The relationship of hip muscle performance to leg, ankle and foot injuries: a systematic review. *Phys Sportsmed.* 2 de janeiro de 2017;45(1):49–63.