

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS  
ESCOLA DE CIÊNCIAS DA VIDA  
FACULDADE DE FISIOTERAPIA**

**JÚLIA MACEDO  
NATHÁLIA ANCHIETA MARTINS**

**O PAPEL DO *FOOT CORE* NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE LESÕES DE  
MEMBROS INFERIORES EM BAILARINAS**

**CAMPINAS**

**2024**

**JÚLIA MACEDO**  
**NATHÁLIA ANCHIETA MARTINS**

**O PAPEL DO *FOOT CORE* NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE LESÕES DE  
MEMBROS INFERIORES EM BAILARINAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso em Fisioterapia II, para fins de preparar a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso e para avaliação de aprendizagem.

Orientador(a) Temático(a): Prof(a) Dra. Telma Dagmar Oberg

Orientador Metodológico: Prof. Me. Marcos José Alves Lisboa

**CAMPINAS**

**2024**

**JÚLIA MACEDO**  
**NATHÁLIA ANCHIETA MARTINS**

**O PAPEL DO *FOOT CORE* NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE LESÕES DE  
MEMBROS INFERIORES EM BAILARINAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso em Fisioterapia II, para fins de preparar a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso e para avaliação de aprendizagem.

Orientador(a) Temático(a): Prof(a) Dra. Telma Dagmar Oberg

Orientador Metodológico: Prof. Me. Marcos José Alves Lisboa

**CAMPINAS**

**2024**

Trabalho julgado e aprovado pelos docentes responsáveis em 19/ 06 / 2024.

Profa. Dra. Telma Dagmar Oberg – Orientador Temático

Prof. Me. Marcos José Alves Lisboa – Orientador Metodológico

Profa. Dra. Carolina Lins Henrique - Convidado

M141p

Macedo, Júlia

O papel do Foot Core na prevenção e tratamento de lesões de membros inferiores em bailarinas / Júlia Macedo, Nathália Anchieta . - Campinas: PUC-Campinas, 2024.

32 il.

Orientador: Telma Dagmar Oberg. Coorientador: Marcos José Alves Lisboa

TCC (Bacharelado em Fisioterapia) - Faculdade de Fisioterapia, Escola de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2024.

Inclui bibliografia.

1. Foot Core. 2. Bailarinas . 3. Músculos intrínsecos do pé . I. Martins, Nathália Anchieta. II. Oberg, Telma Dagmar . III. Lisboa , Marcos José Alves. IV. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Escola de Ciências da Vida. Faculdade de Fisioterapia. V. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a intercessão de Nossa Senhora, por iluminar e sempre guiar o meu caminho, por me abençoar com uma família maravilhosa, aos meus pais Alexander e Luciana Macedo, ao meu irmão Pedro Lucca, pelo exemplo excepcional, por serem meu porto seguro, onde tive acolhimento e muito amor. Agradeço a todos os meus familiares, que me apoiaram e sonharam comigo desde o começo; essa conquista também é de vocês!

Agradeço aos meus amigos e, de modo especial, a minha dupla, Nathália Anchieta Martins, que é um verdadeiro presente, pela parceria, companheirismo, boas memórias e por construir uma amizade tão única e especial. Obrigada pela oportunidade de realizar um trabalho tão incrível ao seu lado!

Agradeço à Pontifícia Universidade Católica de Campinas por oferecer um curso de Fisioterapia que permite tamanho aprendizado e conhecimento.

Agradeço pelo apoio, atenção e disponibilidade da direção, coordenação e de todos os funcionários do curso de Fisioterapia Puc - Campinas. Da mesma forma, sou grata pelos professores com os quais tive a oportunidade de aprender e aspirar como profissionais e pessoas ao longo do curso de Fisioterapia da Puc-Campinas.

Por fim, agradeço à orientadora temática Profa. Dra. Telma Dagmar Oberg e ao orientador metodológico, Prof. Me. Marcos José Alves Lisboa, pela competência, responsabilidade e por todo cuidado em cada etapa do estudo.

Júlia Macedo

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Universidade Pontifícia Universidade Católica de Campinas pelo oferecimento do curso de Fisioterapia de grande excelência.

A direção, coordenação e funcionários do curso de Fisioterapia Puc-Campinas por todo auxílio durante a graduação.

Agradeço à orientadora temática Profa. Dra. Telma Dagmar Oberg e ao orientador metodológico, Prof. Me. Marcos José Alves Lisboa, pela paciência, competência e dedicação que foram fundamentais em cada etapa do estudo.

Aos professores do curso de Fisioterapia Puc-Campinas, pelos ensinamentos profissionais e exemplos de vida.

Aos meus amigos, em especial a minha dupla de trabalho de conclusão de curso, Júlia Macedo, pela parceria, companheirismo e amizade em toda a graduação o que possibilitou a entrega desse trabalho com tanta alegria.

Aos meus pais, Adenilson e Elaine, e familiares, pelo apoio, perseverança e amor em cada passo desse processo, toda minha gratidão!

Ao meu noivo, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando em cada momento.

E agradeço a Deus pela oportunidade, por toda proteção e guia de vida.

*“Todos os nossos sonhos podem se tornar realidade se tivermos a coragem de os perseguir.”*

*(Walt Disney)*

## RESUMO

A musculatura intrínseca do pé compõe o *Foot Core* que, de forma semelhante ao *Core Lombopélvico*, desempenha papel fundamental na estabilização do complexo pé-tornozelo, essencial para as interações biomecânicas entre as estruturas anatômicas e as funções do pé, além de serem fundamentais na geração de forças propulsivas no deslocamento corporal, na dissipação de cargas durante a deambulação e nas práticas esportivas. Entretanto, o *Foot Core* é negligenciado e raramente abordado em programas de reabilitação e prevenção. Na análise de diferentes estudos, encontra-se a prevalência de lesões nos membros inferiores, que incapacitam as bailarinas a permanecerem na dança, desde os sintomas de dor, fraqueza e déficit proprioceptivo, além do desgaste físico e emocional. Por isso, é de suma importância identificar as principais lesões que ocorrem neste público, a fim de prevenir e tratar com melhor eficiência. Dessa forma, o objetivo do estudo é evidenciar a relevância do fortalecimento do *Foot Core*, aplicado como forma de tratamento e prevenção de lesões em membros inferiores em bailarinas. O estudo foi realizado através da revisão bibliográfica integrativa baseada na literatura teórica e empírica publicada nos últimos 13 anos (2011 - 2024), utilizando quatro bancos de dados: PubMed, Scielo, BVS e PeDro. Ao final, conclui-se que há indicações consistentes que enfatizam a importância do *Foot Core* na reabilitação e sua contribuição para a ciência e prática clínica da comunidade fisioterapêutica.

Palavras chaves: bailarinas, foot core, músculos intrínsecos do pé, reabilitação, núcleo do pé



## **ABSTRACT**

The intrinsic muscles of the foot, collectively referred to as the Foot Core, function similarly to the Lumbar-Pelvic Core, playing a fundamental role in stabilizing the foot-ankle complex. This stabilization is essential for biomechanical interactions involving anatomical structures and functions of the foot, and is critical for generating propulsive forces during body movement, load dissipation during ambulation, and in athletic activities. Despite this importance, the Foot Core is often overlooked and rarely incorporated into rehabilitation and prevention programs. An analysis of various studies reveals a high prevalence of lower limb injuries among ballet dancers, which impede their ability to continue dancing. These injuries are associated with symptoms of pain, muscle weakness, proprioceptive deficits, and both physical and emotional exhaustion. Consequently, it is crucial to identify the most common injuries within this population to enhance prevention and treatment strategies. The objective of this study is to highlight the significance of Foot Core strengthening as both a treatment and preventative measure for lower limb injuries in ballet dancers. This research was conducted through an integrative bibliographic review, synthesizing theoretical and empirical literature published over the past 13 years (2011-2024) across four databases: PubMed, Scielo, BVS, and PeDro. The findings consistently indicate the importance of Foot Core rehabilitation, underscoring its valuable contribution to both the scientific understanding and clinical practice within the physiotherapy community.

**Key words:** ballet dancers, foot core, foot intrinsic muscle, rehabilitation

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                   | <b>09</b> |
| <b>2 MÉTODO.....</b>                                       | <b>11</b> |
| <b>3 RESULTADOS.....</b>                                   | <b>12</b> |
| <b>4 DISCUSSÃO.....</b>                                    | <b>16</b> |
| 4.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA.....                            | 16        |
| 4.2 FUNÇÕES DO FOOT CORE .....                             | 18        |
| 4.3 A BIOMECÂNICA E AS POSSÍVEIS LESÕES EM BAILARINAS..... | 19        |
| 4.4 FORMAS DE AVALIAÇÃO E FORTALECIMENTO .....             | 22        |
| 4.5 BENEFÍCIOS DO <i>FOOT CORE</i> NOS ESPORTES .....      | 26        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                           | <b>28</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                    | <b>29</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A dança é uma combinação única de arte e esporte, e durante sua prática são realizados movimentos que compreendem uma alta demanda biomecânica que recruta toda a cadeia inferior. Quando esta prática não é realizada adequadamente, terá como consequências as lesões, que em sua maioria se tornam crônicas e são associadas com déficit de propriocepção e fraqueza muscular. Percebe-se que esta exigência afeta diretamente a anatomia do pé, que é composta por componentes passivos, ativos e neurais, trabalhando em prol de uma mesma mecânica, a qual necessita desde uma configuração rígida para apoiar e impulsionar o corpo, como também uma flexibilidade para adaptar-se a diferentes superfícies (McKeon PO et al. 2015).

Tal como na articulação do joelho e do quadril, no pé, há estruturas musculares e ligamentares estabilizadoras que auxiliam na biomecânica do movimento, denominado *Foot Core*, traduzido para o português como “Núcleo ou Centro do pé”. Este conjunto, notavelmente complexo, é formado por quatro camadas de músculos intrínsecos que desempenham um papel importante na estabilização postural, sendo essenciais para o funcionamento das estruturas do pé, além de, segundo Jaffri A et al. (2022), serem atuantes na geração de forças propulsivas no deslocamento corporal, dissipação de cargas durante a deambulação e em práticas esportivas.

O presente estudo tem relevância, visto que, de acordo com Li F et al. (2022), a maioria das lesões em bailarinas geram grande parte dos dispêndios com reabilitação nas companhias de dança e reduzem a longevidade de suas carreiras, realidades que causam alta exigência física e psicológica em relação a performance, seja no âmbito profissional ou amador. Portanto, é justificado analisar programas de desempenho e treinamento em bailarinas para, assim, reduzir lesões musculoesqueléticas nesse público.

De acordo com Smith T et al. 2016, esses programas, teriam como finalidade promover um equilíbrio entre a habilidade no treinamento da dança e o tratamento preventivo das lesões, estando estes relacionados às cadeias musculares e articulares dos membros inferiores.

Ademais, devido à falta de estudos específicos sobre o tema, evidencia-se a interrogação que se faz perante o contexto: fortalecer o *Foot Core* terá alguma influência na prevenção e tratamento das disfunções de membros inferiores em bailarinas? A partir desse questionamento, supõe-se que haverá um incentivo e contribuição para a ciência e prática clínica da comunidade fisioterapêutica, devido à originalidade do estudo.

Por conseguinte, este estudo tem como objetivo identificar as lesões prevalentes em bailarinas e quais os fatores de risco por meio da examinação de pesquisas, além de definir, descrever e estudar a aplicação de exercícios para o *Foot Core* através de imagens ilustrativas, a fim de enfatizar a relevância do seu fortalecimento no tratamento e prevenção de lesões em membros inferiores em bailarinas, já que este atua sobre as principais lesões que aparecem neste grupo.

## 2 MÉTODO

Trata -se de uma revisão bibliográfica integrativa, baseada na literatura teórica e empírica publicada nos últimos 13 anos (2011 - 2024), sobre lesões nos pés e tornozelos em bailarinas. Para identificar artigos relevantes, a pesquisa foi realizada usando quatro bancos de dados: PubMed, Scielo, BVS e PeDro. A pesquisa eletrônica ocorreu a partir das seguintes palavras-chave: “bailarinas”, “*foot core*”, “músculos intrínsecos do pé”, “reabilitação”, “pé e tornozelo”, “lesões em bailarinas”, “núcleo do pé”. Todos os descritores foram pesquisados em cada banco de dados individualmente e em combinação.

Foram incluídos os artigos na íntegra que: (1) abordam o *foot core* em atividades diversas; (2) apresentam as lesões prevalentes em bailarinas; (3) foram publicados na literatura em inglês e português; (4) analisam os fatores de risco biomecânicos de lesões no pé de bailarinas; (5) foram baseados no risco de lesão na biomecânica do pé de dançarinos de balé.

Foram excluídos os artigos que: (1) tratam de um relato de caso; (2) envolvem procedimentos e tratamentos cirúrgicos; (3) não apresentam suficientemente os detalhes para nenhum dos critérios de elegibilidade. O artigo é desconsiderado se não atende aos critérios de elegibilidade.

Descritores em português: bailarinas, *foot core*, músculos intrínsecos do pé, reabilitação, núcleo do pé

Descritores em inglês: ballet dancers, *foot core*, foot intrinsic muscle, rehabilitation

### 3 RESULTADOS

Os resultados da estratégia de busca são apresentados no fluxograma 1, de acordo com a metodologia adotada nos critérios de inclusão e exclusão. Foram identificados 68 artigos, dos quais 32 foram considerados elegíveis de acordo com os critérios de inclusão. Destes, 1 está diretamente relacionado com o tema proposto (Tabela 1) e 14 estão correlacionados com os objetivos do estudo (Tabela 2).

Fluxograma 1. Estratégias de pesquisa

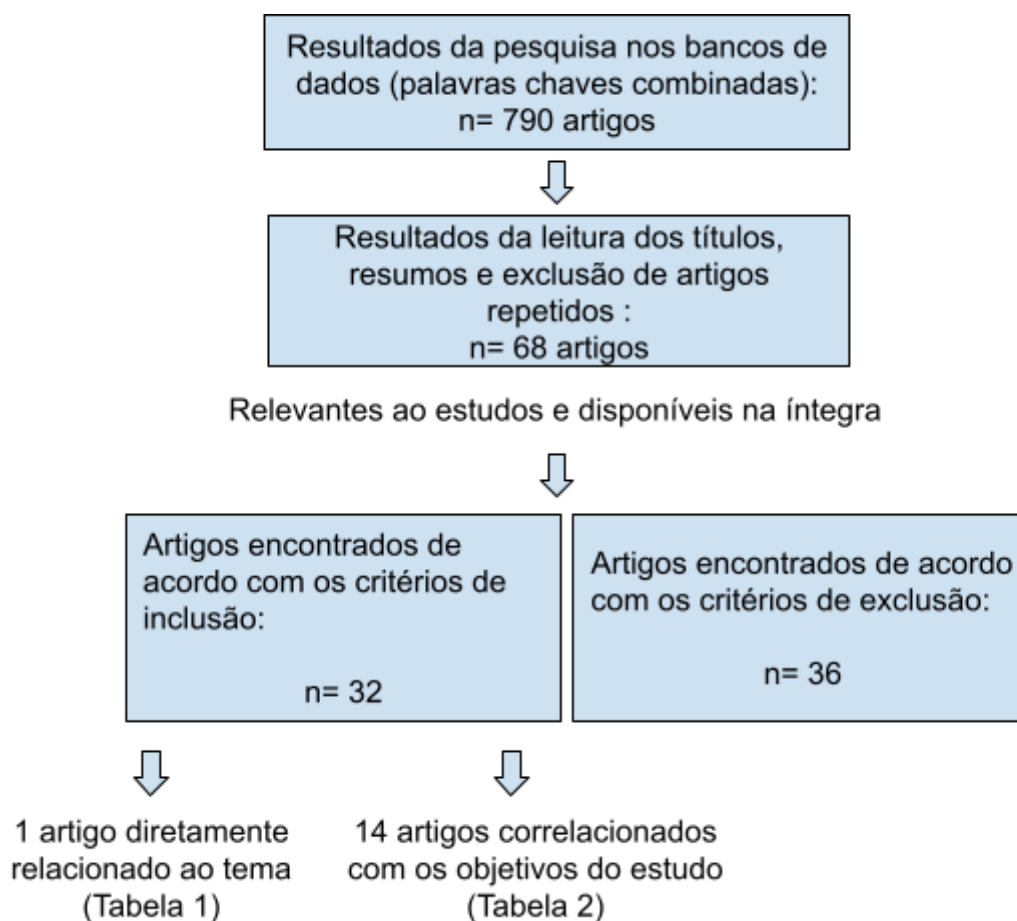


Tabela 1. Principal estudo diretamente relacionado com o tema.

| Autor                    | Tipo de estudo | População Estudada                | Intervenção   | Resultados   |
|--------------------------|----------------|-----------------------------------|---|--|
| Fukuyama H et al. (2024) | Ensaio Clínico | 14 bailarinas e 13 não bailarinas | Amplitudes eletromiográficas (EMG) de 64 canais nos músculos intrínsecos dos pés e durante tarefas bípedes na ponta dos pés realizadas com ângulos de flexão plantar do tornozelo de 20°, 40° e 60° (apenas dançarinos) | Novas evidências indicam que os músculos intrínsecos do pé não requerem alta atividade, mas sim que sua atividade baixa e constante é a chave para obter menos oscilação postural durante a posição bípede na ponta dos pés em dançarinos. |

Tabela 2. Principais estudos que estão correlacionados com os objetivos deste estudo.

| Autor                   | Tipo de estudo  | População Estudada  | Intervenção  | Resultados   |
|-------------------------|---|---|--|--|
| Matias A et al. (2022)  | Resultados secundários de um ensaio clínico randomizado | Corredores recreativos adultos (n=87)   | Programa de treinamento do núcleo do pé durante 8 semanas.   | O programa de exercícios para o núcleo do pé de 8 semanas alterou significativamente os padrões cinemáticos das articulações do tornozelo.   |
| Suda E et al. (2022)    | Estudo de coorte  | Corredores recreativos adultos de médias e longas distâncias (n= 118)               | Treinamento muscular do núcleo do pé contendo 12 exercícios que progrediram semanalmente em volume e dificuldade durante 8 semanas.                          | O treinamento do foot-core tem efeito protetor contra lesões relacionadas à corrida, que pode ser influenciado negativamente pela idade avançada e maior volume de treinamento semanal.  |
| Kısacık P et al. (2021) | Ensaio Clínico randomizado                              | Pacientes com um subgrupo de pés "fracos e pronados" com dor femoropatelar (n = 30) | Exercícios curto do pé por 6 semanas.  | O programa de intervenção teve efeitos positivos na dor no joelho e na postura do retropé. Um aumento na força dos extensores do quadril também pode estar associado à melhora da estabilização pela musculatura intrínseca do pé. |
| Lin C et al. (2021)     | Ensaio Clínico  | Bailarinas (n=16)   | Programa de treinamento integrado de 6 semanas que consiste em exercícios pliométricos, proprioceptivos e de estabilidade central.                           | O programa de treinamento integrado de 6 semanas do foot core melhorou o senso de reposição articular do tornozelo e o controle postural.  |
| Sauer L et al. (2011)   | Revisão de literatura                                   | Pacientes não especificados   | Teste muscular intrínseco do pé é um teste clínico para avaliar os músculos intrínsecos do pé durante o apoio unipodal e exercício de pé curto "short foot". | Os músculos intrínsecos do pé estabilizam durante atividades dinâmicas.  |

| Autor                     | Tipo de estudo   | População Estudada  | Intervenção   | Resultados  |
|---------------------------|--|---|---|---|
| Taddei U et al. (2020)    | Ensaio Clínico randomizado, simples-cego, de prova e conceito            | Corredores recreativos de longa distância<br>(n=28)   | Fortalecimento dos músculos intrínsecos do pé e na sua ativação durante atividades de levantamento de peso durante 8 semanas.   | O protocolo de exercícios para os pés aumentou efetivamente o volume muscular intrínseco do pé e as forças propulsivas em corredores recreativos.                                   |
| Matias A et al. (2016)    | Ensaio Clínico randomizado   | Corredores<br>(n= 111)  | Exercícios terapêuticos para o pé-tornozelo durante 8 semanas, sendo 1 sessão supervisionada diretamente e 3 sessões supervisionadas remotamente por semana.  | Protocolo de exercícios do foot core reduz a incidência de lesões relacionadas à corrida em corredores de longa distância.  |
| Taddei U et al. (2020)    | Ensaio clínico randomizado   | Corredores<br>(n=118)   | Treinamento de 8 semanas focado nos músculos do pé-tornozelo.   | Corredores recreativos randomizados para o novo protocolo de fortalecimento do núcleo do pé tiveram uma taxa 2,42 vezes menor de fator de risco em comparação com o grupo controle. |
| Lynn S et al. (2012)      | Ensaio Clínico randomizado, desenho de modelo misto de medidas repetidas | Voluntários saudáveis, sem histórico de patologia importante nos membros inferiores ou comprometimento do equilíbrio.<br><br>(n=24) | 4 semanas de exercício de pés curtos e o outro realizou 4 semanas de exercício de enrolamento de toalha . Os participantes foram solicitados a realizar 100 repetições de seu exercício por dia.  | O exercício curto dos pés pareceu formar o foot core de forma mais eficaz do que o exercício da toalha.   |
| Hashimoto T et al. (2014) | Ensaio Clínico   | Homens saudáveis, sem histórico de condições relacionadas ao pé<br><br>(n = 12)   | Flexão de todas as articulações interfalangeanas e metatarsofalângicas do dedo do pé contra uma carga de 3 kg foi implementado e foi realizado por 200 repetições uma vez por dia, três vezes por semana, por um período de oito semanas. | Este método de treinamento de força muscular melhorou significativamente as pontuações de força muscular, a forma do arco do pé e o desempenho do movimento.                        |
| Sulowska I et al. (2019)  | Ensaio Clínico   | corredores de longa distância com idades entre 21 e 45 anos<br><br>(n = 47)   | Todos os participantes do estudo realizaram exercícios de músculos do pé curto plantar todos os dias por 6 semanas. Neste momento, eles realizaram o treinamento de corrida atual, que foi monitorado pelos pesquisadores.                | Exercícios que fortalecem os músculos do pé curto podem melhorar a transferência de energia através dos segmentos do corpo e aumentar a força.                                      |



| Autor                   | Tipo de estudo   | População Estudada   | Intervenção   | Resultados   |
|-------------------------|--|--|---|--|
| Taddei U et al. (2018)  | Estudo de viabilidade para um ensaio clínico randomizado | Corredores recreativos de longa distância saudáveis<br>(n = 31)      | Programa de treinamento de força muscular do pé-tornozelo de 8 semanas (intervenção) ou um protocolo de alongamento (controle).   | O programa de treinamento leva a vários resultados positivos na força muscular.  |
| Fraser J et al. (2019)  | <b>Ensaio preliminar de controle randomizado</b>         | Indivíduos saudáveis e recreativos saudáveis<br>(n = 24)             | Um programa de exercícios IFM de 4 semanas na função motora, como medida usando ultrassonografia (USI) durante três IFM exercícios.   | Uma intervenção de exercício IFM de 4 semanas resultou em melhora do desempenho motor e diminuição da dificuldade percebida ao realizar os exercícios  |
| Gooding T et al. (2016) | Estudo laboratorial descritivo                           | Atletas de cross-country e pista universitários saudáveis<br>(n = 8) | Os participantes foram submetidos à ressonância magnética T2 antes e depois de cada exercício. Eles completaram 1 conjunto de 40 repetições de cada exercício (exercício de pé curto, dedos dos pés espalhados, extensão do primeiro dedo do pé, extensão do segundo ao quinto dedo do pé). | Cada um dos 4 exercícios foi associado ao aumento da ativação em todos os músculos plantares intrínsecos do pé avaliados. Estes resultados podem ter implicações clínicas para a prescrição dos exercícios específicos para atingir os músculos intrínsecos individuais do pé. |

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA

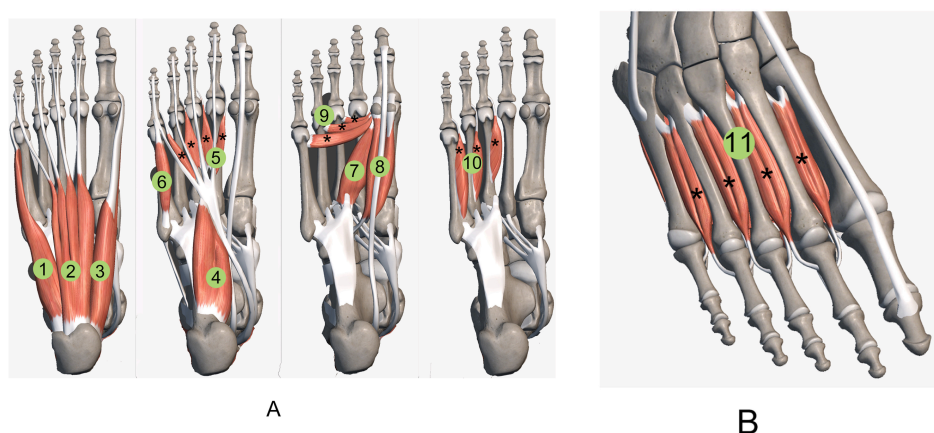
O *Foot Core* é composto por 22 músculos intrínsecos que possuem origem e locais de inserção contidos no próprio pé, a partir do calcâneo, inserindo - se distalmente nas articulações do tarso, proporcionando um ângulo de tração ideal para fornecer um efeito estabilizador (Fukuyama H et al. 2024), além de serem sustentados pelas diversas estruturas anatômicas e pelo suporte ativo da musculatura circundante.

Formado por pequenas áreas de secção transversa, desempenha um papel importante de estabilizadores dinâmicos das articulações e arcos do pé, fornecem firmeza para a propulsão e, ao mesmo tempo, permitem flexibilidade para absorção de choque e atenuação de força. Estabelecem também, uma relação funcional entre ossos, ligamentos, tendões e feedback neuromuscular que, juntos, permitem o movimento efetivo do complexo pé e tornozelo.

A musculatura intrínseca é organizada em quatro camadas que trabalham juntas para regular a velocidade da deformação dos arcos plantares. As duas primeiras camadas apresentam músculos que acompanham os arcos longitudinais medial e lateral do pé, enquanto as mais internas estão mais associadas aos arcos transversais anterior e posterior.

Descrita por Jastifer J (2023), a camada muscular mais superficial, que é profunda à fáscia plantar, é formada pelos músculos abductor do hálux, flexor curto dos dedos e o abductor do dedo mínimo. A segunda inclui o quadrado plantar e os lumbricais. A terceira é composta pelo adutor do hálux (transverso e oblíquo), o flexor curto do hálux e o flexor curto dos dedos e, por fim, a quarta pelos interósseos plantares. O extensor curto do hálux mais superficial e o extensor curto dos dedos compõem os músculos dorsais, enquanto a camada profunda engloba os músculos interósseos dorsais, o que é confirmado por McKeon PO et al. (2015), conforme Figura 1.

Figura 1. Representação da musculatura intrínseca do pé



- A) Músculos intrínsecos das camadas plantares do pé, incluindo 1) Abdutor do quinto dos dedos 2) Flexor curto dos dedos 3) Abdutor do hálux 4) Quadrado plantar 5) Lumbricais 6) Flexor curto do quinto dedo 7) Cabeça oblíqua do adutor do hálux 8) Flexor curto do hálux 9) Cabeça transversal do adutor do hálux 10) Interósseos plantares
- B) B) 11) Interósseos dorsais

Fonte: Jastifer JR 2023 p.29

Em contrapartida, a musculatura extrínseca do pé, composta pelos músculos Tibial anterior e Flexor Longo do Hálux, é referida por McKeon PO et al. (2015) e Fourchet F et al. (2016) como "motores globais". Estes diferem do *Foot Core* devido a sua origem na parte inferior da perna, passando pelo tornozelo e inserindo-se nele, possuindo áreas transversais maiores.

O mesmo autor, em seus estudos, não apenas descreve o subsistema ativo do núcleo do pé, composto pela própria musculatura intrínseca, mas também o subsistema passivo, que consiste nos ossos, ligamentos e cápsulas articulares que controlam os arcos plantares. Um terceiro subsistema envolvido no conceito é o neural, formado por receptores sensoriais na fáscia plantar, cápsulas articulares, ligamentos, músculos e tendões associados aos subsistemas anteriores.

As complexas interações biomecânicas entre as estruturas anatômicas e as funções do pé são essenciais para seu desempenho eficiente, como traz Lynn S et al. (2012), os quais citam a importância da integridade do arco longitudinal medial com papel crucial na transferência adequada de forças ao longo do pé, além de contribuir para a absorção de choques e a distribuição de forças pelo corpo. Assim, se há falhas na interação entre os subsistemas, a base estrutural torna-se instável e desalinhada, resultando em padrões de movimento anormais, levando a

manifestações de problemas não só nos pés, mas também relacionados ao tronco e membros inferiores, sendo identificada como um fator etiológico importante por diversos pesquisadores.

Conseqüentemente, devido a esses detalhes, os músculos intrínsecos do pé são frequentemente subestimados na avaliação e tratamento de disfunções dos membros inferiores. Sendo assim, segundo Jastifer J (2023), é crucial que os profissionais da saúde possuam um entendimento sólido da anatomia e função desses músculos para diagnosticar e tratar eficazmente as lesões associadas.

#### **4.2 FUNÇÕES DO FOOT CORE**

O *Foot Core* participa da estabilização postural de forma semelhante ao sistema lombopélvico, garantindo o funcionamento de suas estruturas, conforme McKeon PO et al. (2015) propõe dentro do conceito de estabilidade central. Da mesma maneira, essa musculatura intrínseca atua na geração de forças propulsivas, no deslocamento corporal e durante tarefas dinâmicas, na capacidade de absorção e na dissipação de cargas durante a deambulação e em práticas esportivas, de acordo com a sincronia dos estudos dos autores Fourchet F et al. (2016) e Jaffri A et al. (2023).

No mesmo sentido, Lin C et al. (2021) fala sobre o papel dessa estabilidade postural em fornecer uma base adequada na transição das extremidades e, assim, obter um melhor desempenho esportivo. Essa análise condiz, ainda, com o estudo de McKeon PO et al. (2015), que aborda, dentro do âmbito dos esportes, pensando inclusive na dança, o quanto os atletas são expostos a superfícies que, exigem, de maneira importante, da estabilidade, do controle da descarga de peso e dos impactos de movimento, além das mudanças abruptas de direção, nos quais todos dependem da estrutura e capacidade do tornozelo e pé. Esse complexo articular possui o papel de dissipar a energia retornada do solo, atenuar as forças de alto impacto e armazenar e liberar a energia elástica durante a estabilidade postural, como também é falado por Suda E et al. (2022).

Por conseguinte, se compreende os benefícios clínicos e funcionais do *Foot Core* na reabilitação das extremidades inferiores, que incluem a melhoria do equilíbrio, da força e da função somatossensorial e a diminuição da dor e da incapacidade, como é bem explorado por Jaffri A et al. (2023), que também analisa a

associação entre a fraqueza dessa musculatura intrínseca às diversas condições musculoesqueléticas, incluindo fascite plantar, pé plano, dor pósteromedial da tibia e instabilidade crônica do tornozelo (IAC), as quais irão afetar, conseqüentemente, todas as estruturas dos membros inferiores, devido à dimensão da sua funcionalidade.

Dessa forma, se confirma o papel fundamental do controle dinâmico do pé para a saúde do sistema sensório-motor e para melhor controle das lesões, que podem estar relacionadas a uma perda do grau de liberdade do pé, o que leva ao aumento do estresse tecidual nas estruturas disponíveis nos subsistemas ativo e passivo que em, conjunto com a má ativação e incoerências na funcionalidade dessa musculatura intrínseca, podem levar a uma distribuição alterada de forças durante a marcha ou aterrissagem.

No uso excessivo dessas estruturas, como é observado em bailarinas pelos estudos de Lin C et al. (2021), há uma dependência das articulações do tornozelo em relação a propriocepção, para que haja a manutenção da estabilidade postural em resposta às perturbações e aos movimentos desafiadores. Por isso, a importância em oferecer treinamento a esses músculos, com objetivo em aumentar a variabilidade funcional dos graus de liberdade e força para lidar com as mudanças nas demandas do controle dinâmico do pé.

E por fim, Sulowska I et al. (2019) aborda sobre a estabilidade proporcionada pelo *Foot Core* que influencia na mobilidade das regiões distais do corpo e no padrão de geração e transferência de energia dos segmentos proximais para os distais. Logo, o treinamento de controle motor é recomendado para reabilitação e treinamento dos atletas, a fim de ativar padrões específicos na musculatura que sejam dependentes da tarefa, com base na ativação do feed-forward, o qual é crucial para o desempenho esportivo.

### **4.3 A BIOMECÂNICA E AS POSSÍVEIS LESÕES EM BAILARINAS**

Os movimentos da dança exigem altamente da biomecânica dos bailarinos, sendo o pé e o tornozelo as regiões mais frequentemente lesionadas, como afirma o estudo sueco comentado por Kadel N et al. (2014), em que, 95% das dançarinas profissionais sofreram pelo menos uma lesão nessas estruturas ao longo de um ano. Os fatores de risco intrínsecos às lesões, como idade e crescimento, desequilíbrio

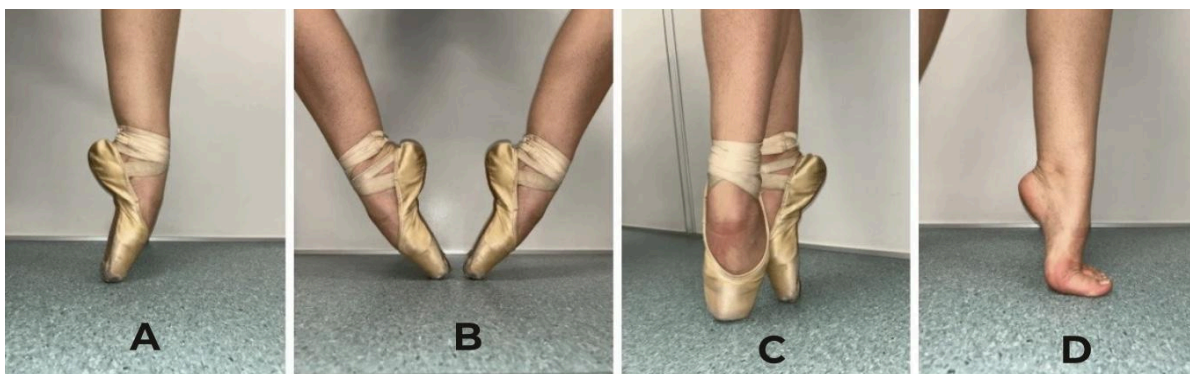
de força, flexibilidade inadequada, desalinhamento ou biomecânica, além das técnicas incorretas, acarretam, na maioria das vezes lesões por uso excessivo (65%) ou contribuem para lesões traumáticas de dança (35%), como foi analisado por Hrubes M. et al (2021). Ademais, Lin C et al. (2021) pontua que diversos estudos descreveram a prevalência dessas lesões, mas também apontaram outras acometidas na articulação do joelho e na região lombar, que geralmente são acompanhadas de dor, fraqueza muscular, retardo na resposta neural e déficit proprioceptivo.

Acredita-se que as alterações na biomecânica do sistema musculoesquelético dessas dançarinas, em especial do complexo pé-tornozelo, influenciaram amplamente na funcionalidade, na qualidade de vida e na predisposição em menor ou maior grau as lesões, como é citado por Matias A et al. (2016). É importante considerar a carga excessiva que é projetada nessas articulações e, conseqüentemente, ponderar o quanto as mudanças de movimento na dança podem resultar na compressão da estrutura do tecido mole e levar a uma lesão articular.

Somado a esse raciocínio, Li F et al. (2022) aborda que, em três estudos, foi analisado que o uso excessivo induzido pela fadiga leva a lesões comuns em bailarinos, já que estes requerem de um longo período de treinamento, aumentando as probabilidades de dano à região. Além disso, esse uso em demasia está associado ao controle do arco do pé, no qual o mesmo se relaciona aos déficits na estabilização ativa, o que leva ao aumento do estresse tecidual.

O movimento da dança, principalmente o ato de ficar na ponta dos pés, exige uma alta demanda postural, como destaca Fukuyama H et al. (2024). Nesse contexto, os pés dos bailarinos tem como característica uma hipermobilidade articular e são responsáveis por aproximadamente 30% da amplitude de movimento durante a flexão plantar máxima do tornozelo, o que pode ser um fator de risco para lesões, se não houver o fortalecimento muscular adequado dos tecidos adjacentes. Diferentemente do que é encontrado no pé de não bailarinos, cuja amplitude geralmente não é aumentada, conforme Figura 2.

Figura 2. Representação da hipermobilidade da flexão plantar do pé da bailarina.



A) Flexão plantar na ponta do pé esquerdo com sapatilha de ponta. B) Flexão plantar forçada bilateral do pé com sapatilha de ponta. C) Flexão plantar bilateral do pé com sapatilha de ponta, em quinta posição. D) Flexão plantar na ponta do pé esquerdo sem sapatilha de ponta.

Fonte: Autoria própria, 2024

Em seus estudos, Kadel N et al. (2014) aborda sobre o trauma agudo a partir do pouso de um salto ou curva; um microtrauma repetitivo, comumente após um rápido aumento no volume e intensidade do treinamento; a lesão por inversão do tornozelo, considerada a mais traumática e comum na dança; os casos de entorse lateral do tornozelo, em que o nervo tibial pode ser comprometido e levar à fraqueza da musculatura intrínseca do pé e a diminuição do feedback sensorial na superfície plantar; entre outras realidades que prejudicam o controle postural dinâmico, desalinham e desestabilizam a articulação e atrasam o retorno ao esporte. Essas demandas extremas e intensas, a longo prazo, afetam o sistema musculoesquelético como um todo, o que leva a lesões nas extremidades inferiores, como ainda afirma Li F et al. (2022) em seus estudos.

Portanto, há a possibilidade de correlacionar um treinamento e fortalecimento do *Foot Core* em bailarinos, já que o mesmo atua sobre as principais lesões que aparecem neste grupo. Essas lesões variam de 17% a 94%, com uma prevalência de 4,4/1000 horas durante uma única temporada, de acordo com Lin C et al. (2021), o que aumenta a necessidade de intervenções e de um programa que inclua a diversidade da dança (movimento, expressão artística e musicalidade). Ademais, evidencia-se pelos estudos de Mulligan & Cook (2013), que seguir um programa de intervenção centrado nesse fortalecimento melhora a capacidade de estabilidade

dinâmica do complexo pé-tornozelo auxiliando, assim, na recuperação e prevenção de possíveis lesões.

Ambegaonkar J. et al. (2021), em seus estudos, aborda sobre a importância de compreender os efeitos do treinamento suplementar no desempenho e no risco de lesões, já que a performance e a saúde dos bailarinos é o meio pelo qual eles se capacitam para atuar na sua carreira. Nesse processo, a reabilitação deve abordar contribuições intrínsecas, para melhorar o equilíbrio, a força e a função sensório-motora, e extrínsecas, para potencializar o retorno bem-sucedido à dança.

Por fim, esse treinamento preventivo será eficaz no período de lesões e afastamentos repetidos por bailarinos, somado ao crescimento dos estudos científicos sobre *Foot Core*, em que a criatividade é necessária para acomodar a necessidade específica de cada bailarino em manter a força, a flexibilidade e a aptidão durante a recuperação, como aborda Kadel N et al. (2014).

#### **4.4 FORMAS DE AVALIAÇÃO E FORTALECIMENTO**

O fortalecimento do *Foot Core* não só tem sido recomendado para tratar diversas patologias no pé e tornozelo, como por exemplo em entorses, que é a lesão traumática mais comum na dança (Kadel N. 2014), mas também, como citado por Kısacık P et al. (2021), estudos recentes mostraram que realizar o fortalecimento da musculatura intrínseca do pé pode resultar em correções posturais no joelho e quadril, potencialmente melhorando a dor e o equilíbrio estático e dinâmico afirmado também por Jaffri A et al. (2023), podendo ser incorporados em tratamentos de dor femoropatelar, durante a reabilitação de reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) e outras disfunções no quadril, como acrescentado por Van der Merwe C et al. (2021).

Somado por Sauer L et al. (2011), pode-se entender que é benéfico para os profissionais da área da saúde avaliarem mais de perto os músculos intrínsecos do pé durante as atividades e na reabilitação de lesões nos membros inferiores.

Existem inúmeras técnicas para avaliar as contribuições da musculatura em questão para a estabilidade, a força e o controle postural, apesar das evidências serem limitadas. No entanto, não significa necessariamente a ausência dos benefícios que o isolamento destes músculos oferecem nas condições de uso excessivo dos membros inferiores, o que Kısacık P et al. (2021) afirma em seu



estudo, relacionando o aumento da força dos extensores do quadril com a melhora da estabilização do pé.

Como estratégia alternativa promissora, a chamada abordagem “de baixo para cima”, descrita por McKeon PO (2015) e Fourchet F (2016), confirmada também por Matias A et al. (2022), visa a avaliação da força e da mecânica do *Foot Core* como primordial para avaliar e atenuar cargas mecânicas diretamente relacionadas aos fatores de risco de disfunções de MMII.

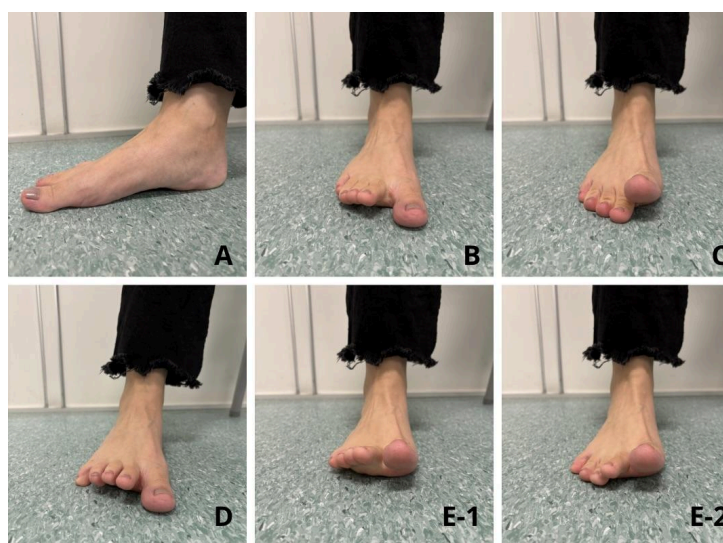
Lynn S et al. (2012) afirmam, na literatura, que embora não exista um “padrão ouro” na avaliação dos músculos intrínsecos, alguns métodos podem ser utilizados. Abordado por Ferrari G et al. (2018), para quantificar a espessura muscular ou a área de secção transversa, utiliza-se a ressonância nuclear magnética (RNM) e a ultrassonografia (US). Contudo, segundo Tourillon R et al. (2019), esses recursos são caros e pouco aplicáveis em campos de treinamento esportivo, sendo assim, existem outros métodos de medição mais acessíveis e que apresentam um nível interessante de validade e confiabilidade, como a “dinamometria do dedo do pé” e o “teste de prensão de papel”, o qual consiste em segurar um pedaço de papel pressionando o hálux contra o solo enquanto o avaliador realiza uma força contrária.

Para o fortalecimento dessa musculatura intrínseca, são realizados exercícios simples e com baixo custo sendo, de início, acompanhados por um profissional fisioterapeuta e, posteriormente, podendo ser orientado como exercício independente. Tem-se, em termos de controle voluntário dos músculos intrínsecos do pé, o “short foot exercise” ou conhecido como “exercício curto do pé”, descrito por Jaffri A et al. (2022) como a intervenção mais eficaz para fortalecer e ativar o *Foot Core*, reforçado por Lynn S et al. (2012) como uma manobra isométrica na intenção de aumentar a altura do arco longitudinal medial, a fim de fortalecer e melhorar o controle postural do pé, envolvendo a contração do mediopé, movendo as cabeças dos metatarsos posteriormente em direção ao calcâneo, sem flexionar os dedos.

Outra maneira seria através do tradicional exercício que envolve a flexão dos dedos dos pés, mais conhecido como “puxar a toalha com os dedos dos pés”, descrita por Hashimoto e Sakuraba (2014). Em contrapartida, Lynn S et al. (2012), em seu trabalho de aplicação dos exercícios durante 4 semanas, concluiu que o exercício curto dos pés parece formar o *Foot Core* de maneira mais eficaz do que o exercício da toalha, devido a este exigir mais da musculatura extrínseca do que intrínseca do pé.

Incorporando mais exercícios, Matias A et al. (2022), em concordância com Tourillon R et al. (2019), abordam os exercícios de “ioga dos dedos dos pés”, “exercícios de postura dos dedos dos pés” ou descrito pelo mesmo “Toe-ga Exercises”, que consiste em uma contração isométrica fazendo a extensão do primeiro ao quinto dedo do pé; a “extensão do primeiro dedo do pé” ou extensão do hálux, o qual é realizado estendendo a primeira articulação metatarsofalângica enquanto mantém os dedos menores (do segundo ao quinto) em contato com o solo; a extensão do segundo ao quinto dedo” ou “Extensão dos dedos menores”, que consiste na extensão dos dedos 2º ao 5º enquanto mantém o hálux em contato com o solo; a extensão do 2º ao 4º dedo mantendo o hálux e quinto dedo no solo e, por fim, a extensão de todos os dedos seguida da flexão sequencial de cada um, conforme Figura 3.

Figura 3. Exercícios específicos para a musculatura intrínseca do pé.



A) Short foot exercise. B) Extensão dos dedos menores. C) Extensão do hálux. D) Extensão do 2º ao 4º dedo. E-1 e E-2) “Toe-ga Exercises”

Fonte: Autoria própria, 2024

Esses exercícios demonstraram ativação de todos os músculos intrínsecos plantares do pé de maneira eficaz segundo Gooding T et al. 2016 e podem ser recomendados como principal meio de exercícios para o *Foot Core*.

A estimulação elétrica neuromuscular (NMES), também pode ser associada aos exercícios, utilizando correntes pulsadas de ondas regulares simétricas bifásicas

para potencializar o fortalecimento, como cita Fourchet e Gojanovic (2019) e Fourchet et al. (2011), que baseando-se nas evidências atuais disponíveis, descreveram um protocolo EENM de 3 a 5 semanas, com uma progressão gradual de modelagem ativa em combinação com atividades de integração funcional com resultados positivos.

Ademais, Fourchet F et al. (2016) afirmam que, quatro semanas de treinamento de exercícios curtos para os pés já melhoram o controle postural local e o equilíbrio dinâmico, que concordam com Matias A et al. (2022) em sua intervenção, que propõe o fortalecimento do núcleo do pé durante 8 semanas, obtendo aumento na área transversa anatômica intrínseca do músculo do pé e o impulso propulsivo durante a corrida.

De suma importância para o estudo, Fukuyama H et al. (2024) abordam que, em bailarinos, ficar na ponta dos pés requer controle da articulação metatarsofalangiana, além das estratégias usuais de controle postural (quadril e tornozelo). Por isso analisaram, por meio de eletroneuromiografia que há um nível maior da atividade do *Foot Core* nessa posição e, assim, esses achados apoiam a hipótese do envolvimento dos intrínsecos na oscilação postural durante a posição na ponta dos pés, sugerindo novas evidências para um olhar mais individualizado à musculatura intrínseca nessa população.

Em suma, tanto na prática do ballet como nas práticas esportivas os músculos dos membros inferiores exigem fases de absorção e propulsão do apoio e, para isso, é essencial realizar a transição dos exercícios isolados para atividades mais dinâmicas, à medida que o paciente progride no controle da posição em pé aprendendo a utilizar a musculatura intrínseca como, por exemplo, em atividades como correr, pular, amortecer, pousar e gestos específicos do esporte, o que recomendam Matias A et al. (2022) e é reforçado por Sauer L et al. (2011), enfatizando o uso dos músculos intrínsecos do pé na reabilitação como estabilizadores locais, enquanto eles trabalham em coordenação com os músculos extrínsecos para controlar o movimento do pé durante a sustentação de peso e atividades dinâmicas.

#### 4.5 BENEFÍCIOS DO *FOOT CORE* NO ESPORTES

O complexo pé-tornozelo é uma estrutura flexível, que se adapta às diferentes exigências do solo e à demanda dos movimentos de acordo com a atividade, como aborda Fourchet F et al. (2016). Os autores afirmam que, na corrida, muito se estuda em relação à interação do arco longitudinal medial com o *Foot Core* perante o processo de impulsionamento e absorção das forças, no qual se enfatiza a atuação ativa dessa musculatura intrínseca durante o apoio na atividade dinâmica, resultando em estabilidade, o que é crucial para a reabilitação de condições agudas e crônicas do pé e das extremidades inferiores, principalmente por uso excessivo, como afirma Sauer L et al. (2011).

Qualquer alteração na biomecânica do sistema musculoesquelético, principalmente nos pés e tornozelos, segundo Matias A et al. (2016), influencia fortemente no movimento dos atletas, incluindo corredores e bailarinas, possivelmente predispondo-os a lesões. Assim, a compreensão dos fatores de risco associados a essas lesões, como os fatores biomecânicos e a funcionalidade muscular, pode ser benéfica para a prevenção das mesmas.

Analisando na literatura disponível, embora haja poucos programas de fisioterapia no fortalecimento muscular que incluam estratégias específicas para os pés, principalmente em bailarinos, Taddei U et al. (2020), em seus estudos, demonstrou resultados promissores através de um protocolo de 8 semanas de fortalecimento focado nos músculos intrínsecos do pé aplicado em corredores.

Os mesmos autores em um estudo de 2018, trouxeram evidências que correlacionam a função comprometida do *Foot Core* ou sua fraqueza com a sobrecarga de outras estruturas passivas, como a fásia plantar, promovendo uma pronação excessiva, o que pode comprometer o desempenho de várias atividades, aumentando a incidência de lesões no pé. A partir disso, concluiu-se que, um protocolo de fortalecimento com foco na funcionalidade da musculatura intrínseca do pé pode aumentar a capacidade dessas estruturas durante ciclos de carga altamente repetitivos, como na corrida e também no ballet, prevenindo a ocorrência de lesões relacionadas à prática.

Sulowska I et al. (2019) propuseram um protocolo de intervenção, em que realizaram exercícios de músculos do pé curto plantar (“short foot”) todos os dias, por 6 semanas em corredores, o qual mostrou o aumento na força intrínseca dos músculos do pé e alterou positivamente a biomecânica da corrida. O que é

confirmado por Fraser J (2019), em sua intervenção, com um programa de exercícios de 4 semanas, observou uma melhora na eficiência motora e comprovou que os exercícios recrutam a musculatura alvo. Entretanto, para esse autor, os resultados são pouco conclusivos e não está claro o efeito preventivo ou terapêutico para indivíduos com lesões do pé e tornozelo, necessitando mais intervenções clínicas na área.

Assim como visto na corrida, na prática da dança ocorrem grandes exigências de estabilidade postural e resistência muscular, principalmente na ponta dos pés nos palcos e práticas diárias. Fukuyama H et al.(2024), em seu estudo, examinaram e compararam a atividade da musculatura intrínseca entre diferentes demandas posturais e assumem a ideia, em concordância com Fraser J (2019), de que não há conclusões significativas sobre o *Foot Core* estar associado à oscilação postural em bailarinos. Contudo, observa-se que o nível de atividade do *Foot Core* se intensifica à medida que aumenta a oscilação postural. Conclui-se então que, existem hipóteses indicando o envolvimento da musculatura intrínseca na instabilidade postural durante a posição na ponta dos pés em bailarinos, apesar das poucas evidências e escassez de protocolos específicos nessa população.

Nesse contexto, o *Foot Core* vem sendo cada vez mais abordado em estudos científicos, ressaltando a importância do papel da musculatura intrínseca do pé, relacionando sua fraqueza a patologias musculoesqueléticas e sua influência nos fatores de risco, associados a lesões de membros inferiores. No entanto, o *Foot Core* é negligenciado e ainda raramente abordado em programas de reabilitação e prevenção.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo identificou as principais lesões em bailarinas e seus respectivos fatores de risco, evidenciando, de forma substancial, que o fortalecimento do *Foot Core* apresenta relevância no tratamento e prevenção de lesões de membros inferiores em bailarinas. Ao longo do trabalho, foi discutido que, problemas no complexo pé-tornozelo são predominantes na dança, assim como em outros esportes, devido ao uso excessivo da extremidade inferior e da sua biomecânica, os quais estão associados a lesões, sendo necessário uma atenção propriamente dita da fisioterapia.

Perante esses achados, conclui-se que a avaliação da musculatura intrínseca do pé deve ser implementada na reabilitação de lesões em bailarinas, assim como foi definido, descrito e estudada a aplicação dos exercícios abordados, os quais podem ser incorporados para potencializar a ativação e a força do *Foot Core*. Já que a função melhorada desses músculos promovem estabilização a nível segmentar, melhoram a performance e atuam como fatores preventivos e redutores de danos.

Não obstante, ainda existem limitações perante o tema, e análises mais aprofundadas são indispensáveis, somadas à necessidade de mais estudos envolvendo essa população, para que haja contribuição para a ciência e a prática clínica da comunidade fisioterapêutica.

## REFERÊNCIAS

- Ambegaonkar J.P et al. Supplemental Training in Dance: A Systematic Review. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2021;32:117-135.
- Ferrari, G et al. Surface electromyography can quantify temporal and spatial patterns of activation of intrinsic human foot muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2018;39:149-155;
- Fourchet F, Gojanovic B. Foot core strengthening: relevance in injury prevention and rehabilitation for runners. *SEMS - Journal: Sports & Exercise Medicine Switzerland*. 2016
- Fourchet F., Kuitunen S., Girard O., Beard AJ, Millet GP. Effects of combined foot/ankle electromyostimulation and resistance training on shoe plantar pressure patterns during sprinting in young athletes. *J. Sport Science. Med*. 2011;10:292-300
- Fukuyama H, et al. Plantar intrinsic foot muscle activity and its relationship with postural sway during tiptoe standing in ballet dancers and non-dancers. *Gait Posture*. 2024;108:139-144.
- Fraser JJ, Hertel J. Effects of a 4-Week Intrinsic Foot Muscle Exercise Program on Motor Function: A Preliminary Randomized Control Trial. *J Sport Rehabil*. 2019 ;28(4):339-349.
- Gooding TM, Feger MA, Hart JM, Hertel J. Intrinsic Foot Muscle Activation During Specific Exercises: A T2 Time Magnetic Resonance Imaging Study. *J Athl Train*. 2016;51(8):644-650.
- Hashimoto T, Sakuraba K. Strength training for the intrinsic flexor muscles of the foot: effects on muscle strength, the foot arch, and dynamic parameters before and after the training. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(3):373–6.
- Hrubes MD, Janowski J. Rehabilitation of the Dancer. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. 2021;1(32):1-20.
- Jaffri A, Koldenhoven R, Saliba S, Hertel J. Evidence of Intrinsic Foot Muscle Training in Improving Foot Function: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Athl Train* 2023.
- Jastifer JR. Intrinsic muscles of the foot: Anatomy, function, rehabilitation. *Phys Ther Sport*. 2023;61:27-36.
- Junck E, et al. A Retrospective Assessment of Return to Function in Dance After Physical Therapy for Common Dance Injuries. *J Dance Med Sci*. 2015; 21(4): 156-167.
- Kadel N. Foot and ankle problems in dancers. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2014; 25(4): 829-44.
- Kısacık P, Tunay VB, Bek N, Atay ÖA, Selfe J, Karaduman AA. Short Foot exercises have additional effects on knee pain, foot biomechanics, and lower extremity muscle strength in patients with patellofemoral pain. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2021 ;34(6):1093-1104.

Li F, Adrien N, He Y. Biomechanical Risks Associated with Foot and Ankle Injuries in Ballet Dancers: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(8):4916.

Lin CW, You YL, Chen YA, Wu TC, Lin CF. Effect of Integrated Training on Balance and Ankle Reposition Sense in Ballet Dancers. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 ;18(23):12751.

Lynn SK, Padilla RA, Tsang KK. Differences in static- and dynamic-balance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short-foot exercise versus the towel-curl exercise. *J Sport Rehabil*. 2012;21(4):327-33.

Matias AB, Taddei UT, Duarte M, Sacco IC. Protocol for evaluating the effects of a therapeutic foot exercise program on injury incidence, foot functionality and biomechanics in long-distance runners: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;14(17):160.

Matias AB, Watari R, Taddei UT, et al. Effects of Foot-Core Training on Foot-Ankle Kinematics and Running Kinetics in Runners: Secondary Outcomes From a Randomized Controlled Trial. *Front Bioeng Biotechnol*. 2022.

McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Me*. 2015;49(5): 290.

McKeon PO, Fourchet F. Freeing the foot: integrating the foot core system into rehabilitation for lower extremity injuries. *Clin Sports Med*. 2021; 34(2): 347-61.

Mello Viero CC, et al. Height of the Medial Longitudinal Arch during Classical Ballet Steps. *Journal of Dance Medicine & Science*. 2017;21(3):109-114.

Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. *Man Ther*. 2013;18(5):425-430.

Sauer LD ,Beazell J ,Hertel J. et al. Considering the Intrinsic Foot Musculature in Evaluation and Rehabilitation for Lower Extremity Injuries. *Athletic Training & Sports Health Care*. 2011;3(1):43 - 47

Smith TO, Davies L, de Medici A, Hakim A, Haddad F, Macgregor A Prevalence and profile of musculoskeletal injuries in ballet dancers: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2016;19:50-56.

Smith TO, et al. Prevalence and profile of musculoskeletal injuries in ballet dancers: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2016;19:50-6.

Suda EY, Watari R, Matias AB, Taddei UT, Sacco ICN. Predictive Effect of Well-Known Risk Factors and Foot-Core Training in Lower Limb Running-Related Injuries in Recreational Runners: A Secondary Analysis of a Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2022;50(1):248-254.

Sulowska I, et al. The Influence of Plantar Short Foot Muscle Exercises on the Lower Extremity Muscle Strength and Power in Proximal Segments of the Kinematic Chain in Long-Distance Runners. *Biomed Res Int*. 2019.



Taddei UT, et al. Effects of a foot strengthening program on foot muscle morphology and running mechanics: A proof-of-concept, single-blind randomized controlled trial. *Phys Ther Sport*. 2020; 42:107-115.

Taddei UT, et al. Effects of a therapeutic foot exercise program on injury incidence, foot functionality and biomechanics in long-distance runners: Feasibility study for a randomized controlled trial. *Elsiever: Physical Therapy in Sport*. 2018;(4): 216-226

Taddei UT, et al. Foot Core Training to Prevent Running-Related Injuries: A Survival Analysis of a Single-Blind, Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2020; 48(14):3610-3619.

Tourillon R, Bothorel H, McKeon PO, Gojanovic B, Fourchet F. Effects of a Single Electrical Stimulation Session on Foot Force Production, Foot Dome Stability, and Dynamic Postural Control. *J Athl Train*. 2023;58(1):51-59.

Tourillon R, Gojanovic B, Fourchet F. How to Evaluate and Improve Foot Strength in Athletes: An Update. *Front Sports Act Living*. 2019;(11)1-46.

Van der Merwe C, et al.. Foot Muscle Strengthening and Lower Limb Injury Prevention. *Res Q Exerc Sport*. 2021; 92(3):380-387.

Vosseller, JT et al. Ankle Injuries in Dancers. *J Am Acad Orthop Surg*.2019; 27(16): 582-589.

Wei Z, Zeng Z, Liu M, Wang L. Effect of intrinsic foot muscles training on foot function and dynamic postural balance: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2022;20;17(4).