

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E FISIOTERAPIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

AMANDA GABRIELA NEVES RESENDE
RAFAELA FERNANDES DOMINGUES

**CARACTERÍSTICAS MUSCULOESQUELÉTICAS DOS PÉS E PRONAÇÃO
EXCESSIVA EM BAILARINAS AMADORAS**

Uberlândia – MG

2025

AMANDA GABRIELA NEVES RESENDE

RAFAELA FERNANDES DOMINGUES

**CARACTERÍSTICAS MUSCULOESQUELÉTICAS DOS PÉS E PRONAÇÃO
EXCESSIVA EM BAILARINAS AMADORAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Educação Física e Fisioterapia
como requisito parcial para obtenção de título
de bacharel em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Ribeiro Teles dos
Santos

Uberlândia – MG

2025

RESUMO

Bailarinos clássicos enfrentam exigências rigorosas que resultam em alta taxa de lesões, em sua maioria de natureza crônica. Os pés e tornozelos são mais frequentemente afetados, comumente relacionados à carga na primeira articulação metatarsofalangeana e à pressão medial durante a abdução, durante movimentos e posições no *ballet*. Além disso, restrições à dorsiflexão contribuem para a pronação excessiva, aumentando o risco de lesões. Desse modo, estudar fatores musculoesqueléticos relacionados à pronação excessiva é crucial para prevenir lesões, minimizando custos e afastamentos dos bailarinos para escolas e companhias de dança. O objetivo primário deste estudo foi correlacionar o alinhamento do antepé em relação à perna, a mobilidade do navicular e a amplitude de dorsiflexão com a amplitude de movimento do retropé no plano frontal e do arco longitudinal medial do pé durante o *plié* em quarta posição. O objetivo secundário foi verificar se características antropométricas e da prática de *ballet* se correlacionavam com o alinhamento do antepé em relação à perna, a mobilidade do navicular e a amplitude de dorsiflexão com a amplitude de movimento do retropé no plano frontal e do arco longitudinal medial do pé durante o *plié* em quarta posição. Estudo observacional transversal foi realizado, em que 20 bailarinas totalizando 40 pés, com idade entre 14 e 30 anos, praticantes de *ballet* há pelo menos dois anos e sem lesões recentes ou cirurgias em membros inferiores foram analisadas. Os procedimentos envolveram um questionário inicial e testes clínicos para avaliar a amplitude de dorsiflexão, o alinhamento antepé-perna e a mobilidade do navicular, realizados bilateralmente. Esses testes clínicos apresentaram confiabilidade intra-examinador adequada em estudo piloto. A execução do *plié* em quarta posição foi registrada para análise de movimento. A correlação entre as variáveis investigadas foi realizada por meio da correlação de Spearman. A dorsiflexão apresentou correlação negativa com altura e massa corporal, e a queda do navicular com idade e altura. Já o alinhamento antepé-perna e a mobilidade do arco longitudinal medial do pé durante o *plié* correlacionaram-se positivamente com a frequência semanal de prática. Portanto, o alinhamento e a mobilidade do pé e tornozelo se associaram a fatores antropométricos e à frequência das aulas, mas não ao movimento do *plié*.

Palavras-chave: Bailarina clássica, análise de movimento, tornozelo-pé, pronação excessiva

ABSTRACT

Classical ballet dancers face rigorous demands that result in a high rate of injuries, most of which are chronic. The feet and ankles are most frequently affected, commonly related to the load on the first metatarsophalangeal joint and medial pressure during abduction, movements, and positions in *ballet*. Furthermore, restrictions on dorsiflexion contribute to excessive pronation, increasing the risk of injury. Therefore, studying musculoskeletal factors related to excessive pronation is crucial to preventing injuries, minimizing costs, and dancer absences for schools and dance companies. The primary objective of this study was to correlate forefoot-shank alignment, navicular mobility, and dorsiflexion range of motion with the rearfoot's range of motion in the frontal plane and the medial longitudinal arch of the foot during the *plié* in fourth position. The secondary objective was to determine whether anthropometric characteristics and ballet performance correlated with forefoot-shank alignment, navicular mobility, and dorsiflexion range of motion, along with the frontal plane range of motion of the rearfoot and the medial longitudinal arch of the foot during the *plié* in fourth position. A cross-sectional observational study was conducted in which 20 dancers, totaling 40 feet, aged between 14 and 30 years, who had been practicing ballet for at least two years and had no recent injuries or lower limb surgeries, were analyzed. The procedures involved an initial questionnaire and clinical tests to assess dorsiflexion range, forefoot-shank alignment, and navicular mobility, performed bilaterally. These clinical tests showed adequate intra-rater reliability in a pilot study. The performance of the *plié* in fourth position was recorded for movement analysis. Correlation between the investigated variables was performed using Spearman's correlation. Dorsiflexion correlated negatively with height and body mass, and navicular drop correlated negatively with age and height. Forefoot-shank alignment and medial longitudinal arch mobility during plié positively correlated with weekly practice frequency. Therefore, foot and ankle alignment and mobility were associated with anthropometric factors and *ballet* frequency, but not with plié movement.

Keywords: Classical ballet dancer, movement analysis, ankle-foot, excessive pronation

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
MÉTODOS	10
1. <i>Delineamento do estudo e participantes</i>	10
2. <i>Procedimentos</i>	10
<i>Avaliação da amplitude de dorsiflexão</i>	11
<i>Avaliação do alinhamento do antepé em relação à perna</i>	11
<i>Teste de queda do navicular</i>	12
<i>Análise do movimento durante o plié em quarta posição.....</i>	13
3. <i>Redução dos dados.....</i>	14
4. <i>Análise estatística.....</i>	14
RESULTADOS	14
REFERÊNCIAS.....	18

PREFÁCIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi estruturado segundo as normas da ABNT, conforme exigido pela Universidade Federal de Uberlândia. A partir deste ponto, o trabalho será apresentado conforme as normas de formatação da revista científica *Journal of Dance Medicine & Science* (ISSN: 1089-313X, ISSN online: 2374-8060), à qual se destina a submissão do artigo oriundo desta pesquisa, com o objetivo de adequar o conteúdo ao formato editorial exigido para publicação.

CARACTERÍSTICAS MUSCULOESQUELÉTICAS DOS PÉS E PRONAÇÃO EXCESSIVA EM BAILARINAS AMADORAS

Amanda Gabriela Neves Resende¹, Rafaela Fernandes Domingues¹, Thiago Ribeiro Teles Santos²

¹Graduandas do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, Brasil.

²Professor Doutor do Curso de Fisioterapia - Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Professor do Programa de Pós-graduação em Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)/Fisioterapia Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Autor de correspondência

Thiago Ribeiro Teles Santos

Faculdade de Educação Física e Fisioterapia - Universidade Federal de Uberlândia, Campus Educação Física. Rua Benjamin Constant, n. 1286, Bairro Aparecida, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: thiago.teles@ufu.br.

Afirmações e Declarações

Declaração de conflito de interesses: Os autores declaram que não há potencial conflitos de interesses no que concerne a pesquisa, autoria e/ou publicação deste artigo.

Financiamento: Os autores não receberam suporte financeiro para esta pesquisa, autoria, e/ou publicação deste artigo.

Aprovação ética e consentimento: Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição (CAAE 84642124.0.0000.5152). Os participantes entre 14 e 18 anos assinaram o termo de assentimento e o seu responsável o termo de consentimento livre e esclarecido. Os participantes acima de 18 anos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

RESUMO

Introdução:

Bailarinas clássicas estão sujeitas a demandas físicas intensas, especialmente nos pés e tornozelos, exigindo características musculoesqueléticas adequadas que influenciam o posicionamento e movimento dos pés. A pronação excessiva pode estar relacionada a fatores como limitação de dorsiflexão, mobilidade aumentada das articulações mediotársicas e varismo excessivo do antepé. Entender os fatores musculoesqueléticos associados à pronação é fundamental para identificar padrões de movimento compensatórios e promover estratégias de aprimoramento funcional em bailarinas.

Métodos:

Estudo observacional transversal analisou 20 bailarinas amadoras, totalizando 40 pés, com idades entre 14 e 30 anos, praticantes de *ballet* há pelo menos dois anos e sem histórico de lesões ou cirurgias em membros inferiores. As participantes responderam a um questionário inicial e foram submetidas a testes clínicos bilaterais para avaliar a amplitude de dorsiflexão do tornozelo, o alinhamento antepé em relação à perna e a mobilidade do navicular. A execução do *plié* em quarta posição foi registrada para posterior análise de movimento.

Resultados:

Houve correlação negativa da amplitude de dorsiflexão com a altura e massa corporal, assim como da queda do navicular com a idade e altura da bailarina. Houve correlação positiva do alinhamento antepé-perna com a frequência de prática semanal, e da amplitude do arco longitudinal medial durante o *plié* em quarta posição com a frequência de prática semanal. As variáveis de alinhamento e mobilidade do complexo tornozelo-pé não se correlacionaram com a amplitude do arco longitudinal medial e retropé-chão durante o *plié* em quarta posição.

Conclusão:

As variáveis de alinhamento e mobilidade do complexo tornozelo-pé correlacionaram-se com características demográficas e da prática de *ballet*, mas não com o movimento do retropé e do arco longitudinal medial do pé durante o *plié* em quarta posição. Outros fatores musculoesqueléticos não investigados podem influenciar esse padrão de movimento, como aqueles relacionados à articulações proximais.

PONTOS-CHAVE

- A amplitude de dorsiflexão correlacionou-se negativamente com a altura e massa corporal da bailarina.
- A queda do navicular correlacionou-se negativamente com a idade e altura da bailarina.
- O alinhamento antepé-perna correlacionou-se positivamente com a frequência de prática semanal de *ballet*.
- A amplitude do arco longitudinal medial durante o *plié* em quarta posição correlacionou-se positivamente com a frequência de prática semanal.

INTRODUÇÃO

O pé e o tornozelo são as regiões mais frequentemente lesionadas por bailarinos clássicos, correspondendo a 40% das lesões musculoesqueléticas (Allen *et al.*, 2012; Kadel, 2006; Shah *et al.*, 2012). A maioria dessas lesões possui natureza crônica, sendo o resultado de microtraumas repetitivos durante a prática de *ballet* (Kadel, 2006). O mecanismo de lesão é comumente relacionado à carga excessiva na primeira articulação metatarsofalangeana decorrente da maior pressão medial durante a abdução excessiva desempenhada pelos pés e tornozelos (Prochazkova *et al.*, 2014). Essa abdução do complexo tornozelo-pé é fundamental para que os bailarinos consigam alcançar o adequado alinhamento em diversos gestos do *ballet*, como o *plié* em quarta posição. Dessa forma, o entendimento de fatores musculoesqueléticos que contribuem para o padrão de movimento do complexo tornozelo-pé pode favorecer o planejamento de estratégias para minimizar lesões nesses segmentos em bailarinos.

O alinhamento do pé, a mobilidade mediotársica e a amplitude de dorsiflexão do tornozelo são fatores que podem estar relacionados ao padrão de movimento realizado durante gestos do *ballet* em que o complexo tornozelo-pé fica abduzido. O alinhamento do pé pode influenciar o comportamento do retropé com carga (Souza *et al.*, 2014). Quando o complexo tornozelo-pé é posicionado em abdução, esse efeito é potencializado, uma vez que aumenta a eversão do retropé e, assim, a pronação subtalar (Mousavi *et al.*, 2021). Além disso, a mobilidade mediotársica tem relação com a amplitude de eversão máxima do retropé durante a marcha, de forma que arcos mais móveis favorecem maior pronação (Lee *et al.*, 2012). Esse comportamento com a posição abduzida do pé pode aumentar a demanda sobre a articulação subtalar e o mediopé. Alterações musculoesqueléticas que impactam a estabilidade do mediopé podem contribuir para que o bailarino realize movimentos compensatórios para manter o alinhamento do seu centro de massa (Li; Adrien; He, 2022). A restrição de amplitude de dorsiflexão do tornozelo em cadeia fechada também está associada a padrões compensatórios de pronação excessiva (Li; Adrien; He, 2022). Assim, quando o complexo tornozelo-pé é colocado em abdução, essa limitação de dorsiflexão pode intensificar os mecanismos compensatórios pela sobrecarga do arco medial.

Considerando que alterações do alinhamento do pé, limitação de dorsiflexão e modificações de mobilidade do mediopé podem induzir compensações prejudiciais, torna-se fundamental compreender como essas características influenciam o padrão de movimento. Dessa forma, o objetivo primário deste estudo foi correlacionar o alinhamento do antepé em relação à perna, a mobilidade do navicular e a amplitude de dorsiflexão com a amplitude de

movimento do retropé no plano frontal e do arco longitudinal medial do pé durante o *plié* em quarta posição. O objetivo secundário foi verificar se características antropométricas e da prática de *ballet* se correlacionavam com o alinhamento do antepé em relação à perna, a mobilidade do navicular e a amplitude de dorsiflexão com a amplitude de movimento do retropé no plano sagital e do arco longitudinal medial do pé durante o *plié* em quarta posição. Os achados desta investigação podem contribuir para o raciocínio clínico na abordagem de prevenção de lesões de bailarinos.

MÉTODOS

Delineamento do estudo e participantes

Estudo observacional transversal foi realizado, em que 20 bailarinas amadoras foram recrutadas por conveniência em escolas de dança que oferecem aulas de *ballet* clássico. Os critérios de inclusão foram sexo feminino, apresentar idade entre 14 e 30 anos, praticar *ballet* clássico há pelo menos dois anos, ausência de histórico de cirurgia em membros inferiores, ausência de sintomas de dor ou lesões musculoesqueléticas no dia da coleta de dados e sem lesão relacionada à prática de *ballet* no último mês. Para isso, neste estudo, a definição de lesão utilizada foi ``dor, desconforto ou dano corporal decorrente da prática do Ballet clássico que acarreta perda de função de uma parte do corpo modificando a participação em aulas ou ensaios''. O critério de exclusão foi relatar qualquer queixa que impeça a realização dos procedimentos deste estudo. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição (CAAE 84642124.0.0000.5152) e os participantes entre 14 e 18 anos assinaram o termo de assentimento e o seu responsável assinou o termo de consentimento livre e esclarecido. Os participantes acima de 18 anos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Procedimentos

Primeiramente, as bailarinas responderam a um questionário para a caracterização da amostra (sexo, idade, altura e massa corporal) e da prática de *ballet* (há quanto tempo prática *ballet*, frequência semanal de treino, duração de cada treino e histórico de lesão relacionada à prática de *ballet* no último ano. Após isso, foram aplicados os seguintes testes clínicos: amplitude de dorsiflexão (Bennell *et al.*, 1998), alinhamento antepé-perna (Mendonça *et al.*, 2013) e de queda do navicular estudo (Sabino *et al.*, 2018). Esses testes foram realizados bilateralmente, três vezes em cada lado. Antes do início deste estudo, os pesquisadores investigaram a confiabilidade intra-examinador desses testes clínicos a partir da análise de 20

pés de 10 voluntários avaliados em dois dias, separados por um intervalo de uma semana. Por fim, foi registrado a execução do *plié* em quarta posição para análise do movimento. Os procedimentos dos testes clínicos e da análise de movimento estão detalhados a seguir:

Avaliação da amplitude de dorsiflexão

A voluntária foi posicionada em frente a uma parede com o calcanhar e o hálux posicionados sobre uma reta marcada no chão com fita crepe (Figura 1). A voluntária flexionou o joelho até encostá-lo na parede, sem remover o calcanhar do chão, sendo permitidas cinco tentativas. O objetivo do teste foi que a voluntária flexionasse o joelho o máximo possível sem remover o calcanhar do solo. Durante o teste, a voluntária podia se apoiar na parede para se equilibrar e não eram permitidas rotações pélvicas. A medida de dorsiflexão foi realizada a partir de inclinômetro posicionado 15 cm distal à tuberosidade da tibia. A confiabilidade intra-examinador dessa medida foi excelente (Fleiss, 1986): Coeficiente de Correlação Intra-classe – $CCI_{3,3} = 0,968$; intervalo de confiança de 95% - IC 95% = 0,920-0,987; Erro Padrão da Medida Combinado – EPM = 1,00°.

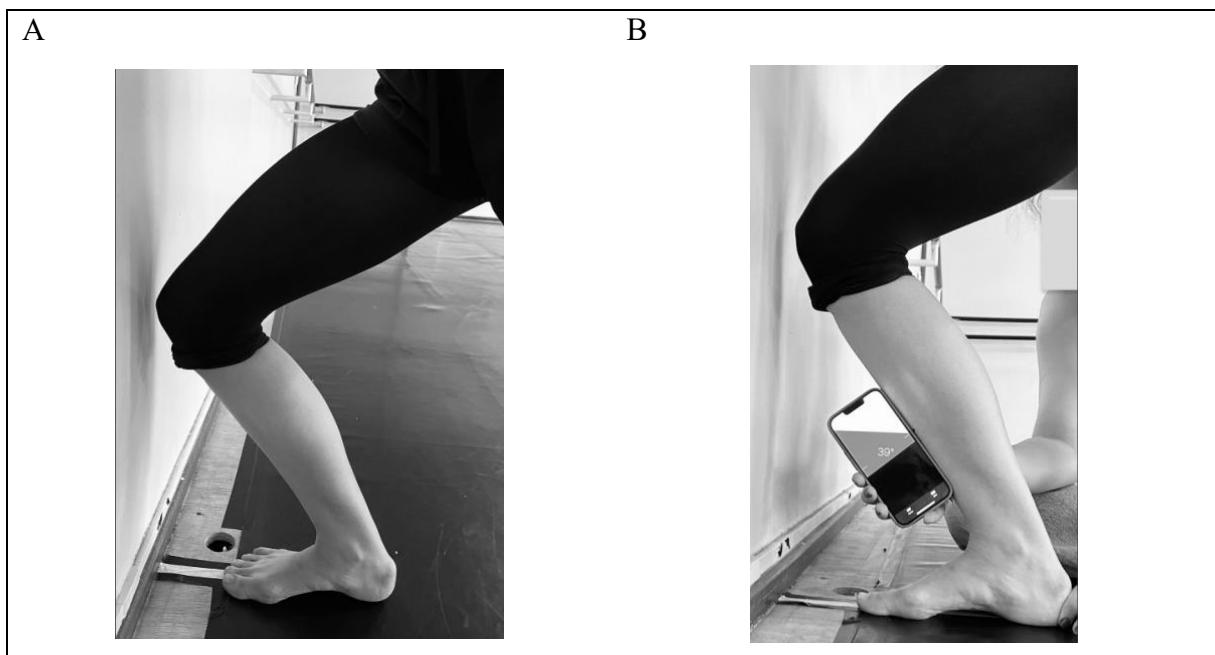


Figura 1: A) Posição de teste para avaliar a amplitude de movimento de dorsiflexão do tornozelo. B) Posicionamento do inclinômetro na perna para medir sua inclinação.

Avaliação do alinhamento do antepé em relação à perna

A voluntária foi posicionada em prono com os pés para fora da maca (Figura 2). O avaliador identificou um ponto médio entre os côndilos tibiais e entre o maléolo medial e o ponto alinhado a esse maléolo na região lateral da perna por meio de paquímetro. Em seguida,

o avaliador traçou uma linha sobre a perna, unindo os pontos médios e fixou com Velcro® uma haste metálica na face plantar alinhada com as articulações metatarsofalangeanas. Posteriormente, o avaliador posicionou o tornozelo da participante a 0° e solicitou a manter ativamente essa posição. Nesse momento, o examinador registrou o alinhamento do antepé em relação a perna com o uso do goniômetro. A confiabilidade intra-examinador dessa medida foi boa (Fleiss, 1986): CCI_{3,3} = 0,750; IC 95% = 0,368-0,901; EPM = 1, 55°.

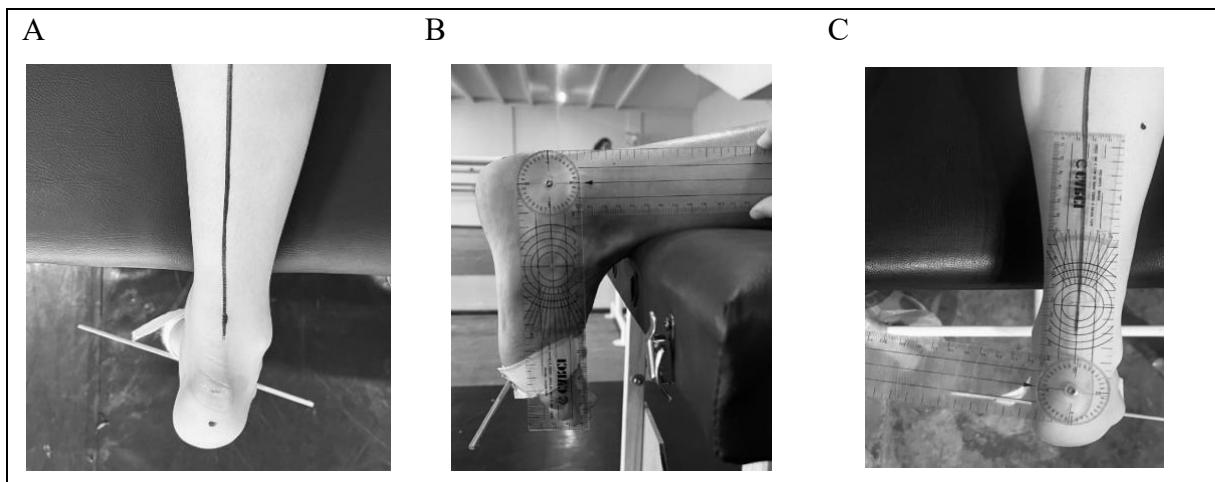


Figura 2. A) Posição do pé para avaliação do alinhamento; B) Posicionamento do tornozelo a 0°; C) Ângulo medido entre a linha vertical e haste metálica fixada alinhada à cabeça dos metatarsos.

Teste de queda do navicular

Com a voluntária em posição sentada com os pés apoiados no chão, a região palpável mais proeminente da tuberosidade do navicular foi marcada utilizando uma caneta esferográfica (Figura 3). A articulação subtalar foi colocada em neutro pelo método de palpação do tálus, que consiste em segurar a região da cabeça do tálus com os polegares enquanto o pé é movido em pronação e supinação até que a proeminência do tálus seja igualmente sentida em ambos os lados. Em seguida a distância vertical da marcação da tuberosidade do navicular ao solo foi mensurada. Após isso, a participante foi instruída a ficar em ortostatismo, em uma superfície firme, permitindo a articulação subtalar sair da posição neutra. A altura da tuberosidade do navicular em relação ao solo foi, então, novamente medida. A diferença entre as duas medidas foi registrada. A confiabilidade intra-examinador dessa medida foi boa (Fleiss, 1986): CCI_{3,3} = 0,714; IC 95% = 0,277-0,877; EPM = 0,12 mm.

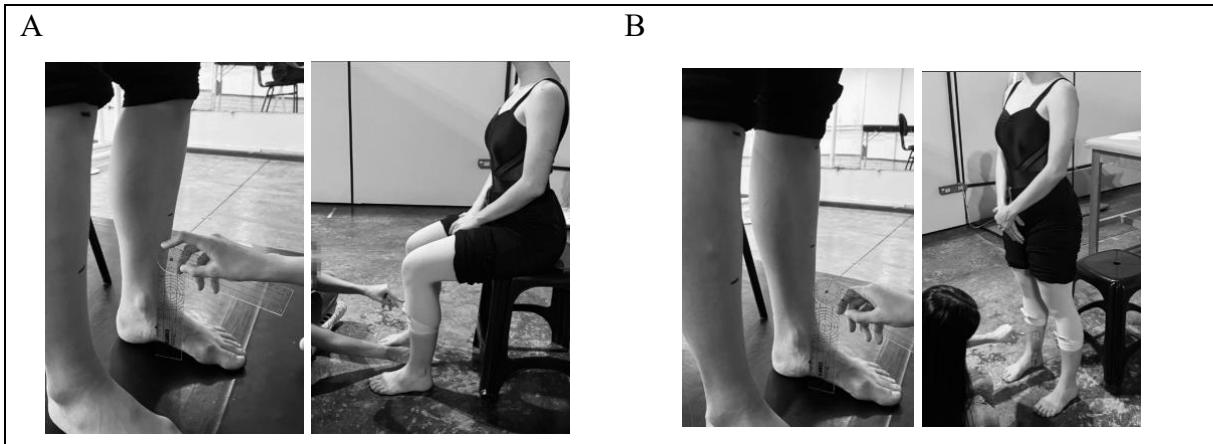


Figura 3. A) Análise da distância vertical da marcação da tuberosidade do navicular ao solo na posição sentada com a articulação subtalar em neutro; B) Análise da distância vertical da marcação da tuberosidade do navicular ao solo na posição em pé, duplo apoio.

Análise do movimento durante o plié em quarta posição

Câmeras de dois celulares (iPhone 13 e iPhone 14, Apple Inc., Cupertino, CA, Estados Unidos) ajustadas em frequência de amostragem de 240 FPS foram posicionadas uma à frente e outra na lateral ao pé avaliado. Após isso, o examinador realizou a palpação e colocação de marcadores refletivos sobre a cabeça do primeiro metatarso, sustentáculo do tálus e na inserção do calcâneo (Figura 4). A voluntária realizou 10 movimentos de *plié* na quarta posição.

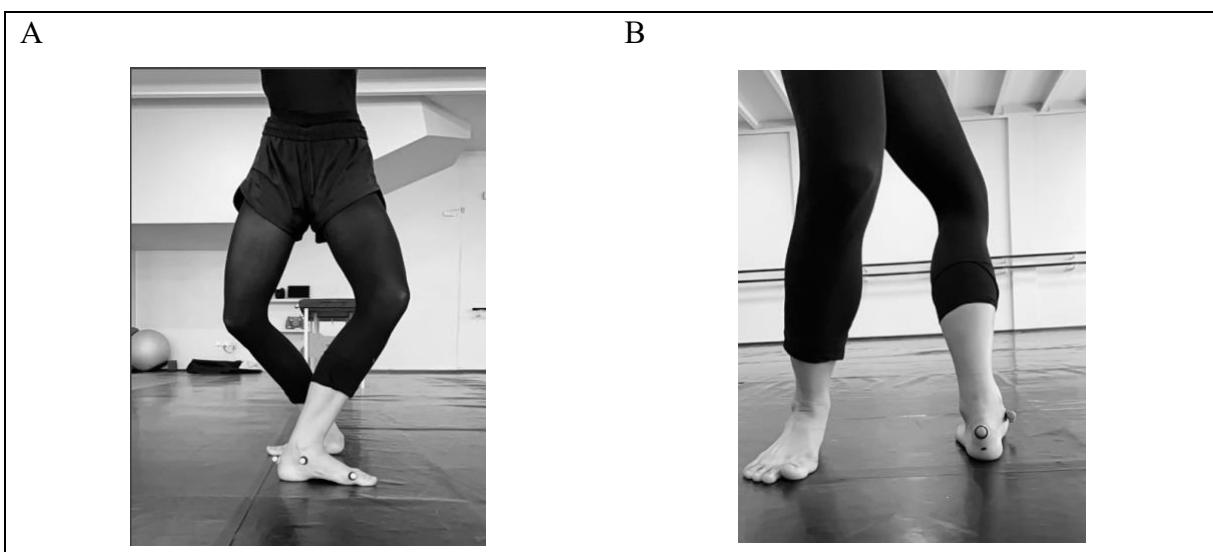


Figura 4. A) Vista sagital do registro do movimento *plié* em quarta posição com marcadores na cabeça do primeiro metatarso, sustentáculo do tálus e inserção do tendão calcâneo para extração do ângulo arco longitudinal medial; B) Vista frontal do registro do movimento do *plié* em quarta posição com marcadores na inserção do tendão calcâneo e 1,5 cm abaixo da inserção do calcâneo para extração do ângulo retropé em relação ao chão.

Redução dos dados

A média das três tentativas em cada membro inferior foi calculada para os resultados de cada teste clínico. A amplitude de dorsiflexão foi também analisada em relação a quantidade de pés analisados em relação ao valor de referência de 40° (Hankemeier, *et al.*, 2014). O alinhamento antepé-perna também foi analisado em relação ao valor de referência de 17° que valores acima desse ponto de corte foram associados ao valgo dinâmico de joelho durante a aterrissagem do salto (Bittencourt, *et al.*, 2012).

Os dados cinemáticos foram analisados por meio do Kinovea. Os seguintes ângulos foram extraídos durante o *plié* em quarta posição: ângulo arco longitudinal medial no plano frontal, assim como retropé em relação ao chão no plano sagital. Esses ângulos foram extraídos das três repetições intermediárias do movimento e a média desses ângulos calculada para a análise dos dados.

Análise estatística

Estatística descritiva foi realizada a partir do cálculo da média e do desvio padrão ou da mediana e do intervalo interquartil das variáveis de caracterização da amostra e da prática do *ballet*, assim como das variáveis dependentes do estudo. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar se a distribuição das variáveis dependentes apresenta distribuição normal. Como a maioria das variáveis não apresentou distribuição normal, a correlação entre as variáveis investigadas foi verificada pelo teste de Spearman. Todos os testes foram realizados no software JASP 0.95.1 (JASP TEAM, 2025). O nível de significância para todas as análises foi de 0,05.

RESULTADOS

A estatística descritiva das características antropométricas e da prática de *ballet* está apresentada na Tabela 1 e das variáveis de desfecho, na Tabela 2. Três bailarinas reportaram lesões musculoesqueléticas no último ano relacionadas à prática de *ballet* em membro inferior direito (luxação patelar, tendinopatia patelar, perimeniscite e fascite plantar) e cinco no esquerdo (síndrome do piriforme, tendinopatia patelar, perimeniscite e entorse de tornozelo). Entre os 40 pés analisados, 10 apresentavam amplitude de dorsiflexão menor que o valor de referência de 40° e 10 apresentavam o alinhamento antepé-perna superior ao valor de referência de 17°.

Tabela 1 – Características antropométricas e da prática de *ballet*

Variável	Mín-máx	
Idade (<i>anos</i>)	18,5 (4,3)	14-23
Altura (<i>m</i>)	1,60 (0,08)	1,45-1,77
Massa corporal (<i>kg</i>)	52,5 (11,8)	41,0-69,0
Tempo de experiência com <i>ballet</i> (<i>anos</i>)	9,0 (4,5)	3,0-19,0
Frequência de prática semanal (<i>quantidade de aulas</i>)	2,5 (3,0)	2,0-6,0
Duração de cada aula de <i>ballet</i> (<i>horas</i>)	3,5 (3,0)	1,0-7,0
Volume da prática semanal (<i>horas</i>)	8,0 (17,3)	2,0-42,0

Legenda: Todas as variáveis apresentaram distribuição não normal e assim, estão representadas como mediana (intervalo interquartil), com exceção da variável altura que apresentou distribuição normal e está representada como média (desvio padrão). Mín = Valor mínimo, Máx = Valor máximo.

Tabela 2 – Variáveis de desfecho

Variável	Mín-máx	
Amplitude de dorsiflexão (°)	46,3 (6,8)	34,0-57,0
Queda do navicular (mm)	0,46 (0,23)	0,0-0,97
Alinhamento antepé-perna (°)	11,0 (8,0)	4,0-21,3
<i>Plié</i> em quarta posição		
Amplitude arco longitudinal medial (°)	5,0 (5,0)	2,0-16,0
Amplitude retropé-chão (°)	13,1 (4,2)	4,0-22,0

Legenda: Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e assim, estão representadas como média (desvio padrão), com exceção das variáveis alinhamento antepé-perna e amplitude do arco longitudinal medial que apresentaram distribuição não normal e estão representadas como mediana (intervalo interquartil). Mín = Valor mínimo, Máx = Valor máximo.

A correlação das variáveis antropométricas e da prática de *ballet* com as variáveis de desfecho está apresentada na Tabela 3. A amplitude de dorsiflexão apresentou correlação negativa com altura e massa corporal. A queda do navicular apresentou correlação negativa com idade e altura. O alinhamento antepé-perna apresentou correlação positiva com a frequência de prática semanal. A amplitude do arco longitudinal medial durante o *plié* em quarta posição apresentou correlação positiva com a frequência de prática semanal.

Tabela 3 – Correlação entre características antropométricas e da prática esportiva com as variáveis de desfecho

	Amplitude de dorsiflexão	Queda do navicular	Alinhamento antepé-perna	<i>Plié</i> em quarta posição	
				Amplitude arco longitudinal medial	Amplitude retropé-chão
Idade	$\rho = 0,004$ $p = 0,981$	$\rho = -0,325$ $p = 0,041^*$	$\rho = -0,094$ $p = 0,566$	$\rho = -0,077$ $p = 0,639$	$\rho = -0,095$ $p = 0,561$
Altura	$\rho = -0,398$ $p = 0,011^*$	$\rho = -0,321$ $p = 0,044^*$	$\rho = -0,021$ $p = 0,899$	$\rho = 0,149$ $p = 0,358$	$\rho = 0,111$ $p = 0,496$
Massa corporal	$\rho = -0,378$ $p = 0,016^*$	$\rho = -0,206$ $p = 0,203$	$\rho = -0,138$ $p = 0,396$	$\rho = 0,114$ $p = 0,482$	$\rho = 0,200$ $p = 0,217$
Tempo de experiência com <i>ballet</i>	$\rho = 0,161$ $p = 0,322$	$\rho = -0,129$ $p = 0,429$	$\rho = -0,069$ $p = 0,673$	$\rho = 0,142$ $p = 0,381$	$\rho = -0,170$ $p = 0,293$
Frequência de prática semanal	$\rho = 0,140$ $p = 0,390$	$\rho = -0,037$ $p = 0,821$	$\rho = 0,445$ $p = 0,004^*$	$\rho = 0,339$ $p = 0,032^*$	$\rho = -0,154$ $p = 0,34$
Duração de cada aula de <i>ballet</i>	$\rho = -0,048$ $p = 0,768$	$\rho = 0,119$ $p = 0,466$	$\rho = 0,222$ $p = 0,169$	$\rho = 0,213$ $p = 0,187$	$\rho = -0,149$ $p = 0,359$
Volume da prática semanal	$\rho = 0,059$ $p = 0,719$	$\rho = 0,051$ $p = 0,757$	$\rho = 0,296$ $p = 0,060$	$\rho = 0,267$ $p = 0,095$	$\rho = -0,180$ $p = 0,265$

Legenda: ρ = rho, p = valor p , * = correlação significativa

A amplitude de dorsiflexão, queda do navicular e alinhamento antepé-perna não foram correlacionadas com a amplitude do arco longitudinal medial e retropé-chão durante o *plié* em quarta posição (Tabela 4).

Tabela 4 – Correlação entre características antropométricas e da prática esportiva com as variáveis de desfecho

	<i>Plié</i> em quarta posição	
	Amplitude arco longitudinal medial	Amplitude retropé-chão
Amplitude de dorsiflexão	$\rho = 0,062$ $p = 0,704$	$\rho = 0,186$ $p = 0,251$
Queda do navicular	$\rho = -0,185$ $p = 0,254$	$\rho = 0,216$ $p = 0,181$
Alinhamento antepé-perna	$\rho = 0,171$ $p = 0,292$	$\rho = -0,012$ $p = 0,939$

Legenda: ρ = rho, p = valor p

DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo primário investigar a relação entre características musculoesqueléticas do complexo tornozelo-pé e o padrão de movimento do *plié* em quarta posição em bailarinas amadoras. Os resultados mostraram que 25% dos pés examinados (10 dos 40 pés) apresentaram restrição de dorsiflexão ($<40^\circ$) e 25% apresentaram desalinhamento antepé-perna ($>17^\circ$), alterações reconhecidas como potenciais fatores de risco para lesões (Wahlstedt *et al.*, 2014). No entanto, não foram encontradas correlações significativas entre as variáveis clínicas que informam sobre alinhamento e mobilidade do complexo tornozelo-pé e o movimento do pé durante o *plié*. Em contrapartida, a frequência semanal de treinamento foi positivamente correlacionada com alinhamento antepé-perna e a amplitude do arco longitudinal medial do pé no *plié*, sugerindo que o volume de treinamento é um fator que deve ser considerado.

A amplitude de dorsiflexão apresentou correlação negativa com altura e massa corporal. Ou seja, a maior amplitude de dorsiflexão está relacionada a bailarinas mais baixas e com menor massa corporal. Uma hipótese seria a demanda que essas características antropométricas geram no tornozelo (Capodaglio *et al.*, 2021). Bailarinas com a maior massa corporal e altura podem requerer mais do sistema musculoesquelético para manter o equilíbrio e, assim, podem se arriscar menos em posições que exijam maior dorsiflexão. Destaca-se que essa interpretação é especulativa e precisa de futuros estudos para ser confirmada. Além disso, estudos anteriores reforçam que a limitação de dorsiflexão está relacionada ao aumento da pronação subtalar e ao risco de lesão (Li *et al.*, 2022; Bennell *et al.*, 1998). Portanto, a avaliação da dorsiflexão ao ser considerada na avaliação clínica do bailarino deve considerar a relação com suas características antropométricas.

A mobilidade do navicular apresentou correlações negativas com idade e altura, indicando que bailarinas mais velhas e mais altas tendem a apresentar menor mobilidade do navicular. Essa redução pode estar relacionada ao aumento da rigidez ligamentar e ao acúmulo de microtraumas ao longo da prática do *ballet* (Lee *et al.* 2012; Mousavi *et al.* 2021). Estudos demonstram que maior mobilidade do navicular está associada à pronação excessiva e alterações biomecânicas durante a marcha e a dança, podendo gerar sobrecarga estrutural nos pés (Sabino *et al.*, 2018). Portanto, a identificação precoce de alterações na mobilidade do navicular pode auxiliar na prevenção de lesões mais crônicas.

O alinhamento antepé-perna apresentou correlação positiva com a frequência semanal de treinamento. Esse achado pode sugerir que o maior volume de treino da bailarina pode resultar em menor rigidez dos tecidos do pé, especialmente do mediopé, favorecendo a

identificação de maiores valores de varismo do antepé em relação à perna. Apesar da possibilidade de ser algo diretamente relacionado ao *ballet*, ressalta-se que estudos anteriores indicam que o maior varismo de antepé está associado a maior ocorrência de valgo dinâmico do joelho, o que pode representar um fator de risco para lesões de joelhos em bailarinos (Mendonça *et al.*, 2013; Prochazkova *et al.*, 2014).

A amplitude do arco longitudinal medial do pé durante o *plié* em quarta posição apresentou correlação positiva com frequência de prática semanal. Esse resultado sugere que bailarinas que treinam mais frequentemente apresentam maior mobilidade do arco no movimento técnico. Estudos anteriores indicam que o aumento da mobilidade do arco pode favorecer a pronação da subtalar (Nowacki *et al.*, 2012; Kadel, 2006). Assim esse achado corrobora o do alinhamento antepé-perna, sugerindo o potencial impacto da prática do *ballet* na mobilidade do pé.

Esse estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. O número reduzido de participantes pode ter limitado a detecção de associações entre as variáveis. Além disso, por se tratar de um estudo transversal, não é possível estabelecer relações de causalidade entre as características musculoesqueléticas e o padrão de movimento. Futuras pesquisas com amostras maiores e delineamento longitudinal podem aprofundar a compreensão desses achados.

Em resumo, as características avaliadas (dorsiflexão, queda do navicular e alinhamento antepé-perna) não se correlacionaram diretamente com o padrão de movimento do *plié* em quarta posição em bailarinas amadoras. Por outro lado, a frequência de prática semanal mostrou ser um fator influente no alinhamento e na mobilidade do arco durante o movimento. Esses achados reforçam a importância da avaliação periódica e de programas preventivos que consideram as características musculoesqueléticas individuais e o volume de prática, para assim minimizar riscos de lesão e otimizar o desempenho.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, N. et al. **Ballet Injuries**: Injury Incidence and Severity Over 1 Year. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, v. 42, n. 9, p. 781-A1, set. 2012.

- BENNELL, K. L. et al. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. **Aust J Physiother.** 1998;44(3):175–80.
- BITTENCOURT, N. F. et al.. **Foot and hip contributions to high frontal plane knee projection angle in athletes: a classification and regression tree approach.** The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. 42, n. 12, p. 996–1004, 2012.
- BRONNER, S.; OJOFEITIMI, S.; ROSE, D. **Injuries in a Modern Dance Company.** The American Journal of Sports Medicine, v. 31, n. 3, p. 365–373, mar. 2003.
- BUJANG, M. A. An elaboration on sample size determination for correlations based on effect sizes and confidence interval width: a guide for researchers. **Restor Dent Endod.** v. 49, n. 2, May 2024.
- CAPODAGLIO, P. et al. Effect of Obesity on Knee and Ankle Biomechanics during Walking. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 21, n. 21, p. 7114, 27 out. 2021.
- COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.** 2nd ed. Lawrence Erbaum Associates; 1988.
- FLEISS, J. L. Reliability of measurement. In: _____ **The design and analysis of clinical experiments.** John Wiley & Sons, Inc. 1986.
- HANKEMEIER, D. A.; THRASHER, A. B. **Relationship between the weight-bearing lunge and nonweight-bearing dorsiflexion range of motion measures.** Athletic Training & Sports Health Care, v. 6, n. 3, p. 128-134, 2014.
- JASP Team (2024). JASP (Version 0.18.3) [Computer software].
- KADEL, N. J. **Foot and Ankle Injuries in Dance.** Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, v. 17, n. 4, p. 813–826, nov. 2006.
- LI, F.; ADRIEN, N.; HE, Y. **Biomechanical Risks Associated with Foot and Ankle Injuries in Ballet Dancers: A Systematic Review.** International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 19, n. 8, p. 4916, 18 abr. 2022. LEE SY et al. *Relationship between foot posture and navicular drop in subjects with pronated foot.* J Am Podiatr Med Assoc. 2012. ME NOWACKI R, AIR ME, RIETVELD ABM. **Hiperpronação em dançarinos Incidência e relação com o ângulo calcâneo.** Journal of Dance Medicine & Science. v. 16, n. 3, p. 126-132, 2012
- MENDONÇA, L. D. M. et al. A quick and reliable procedure for assessing foot alignment in athletes. **J Am Podiatr Med Assoc.** v. 103, n. 5, p. 405-410, 2013.
- MOUSAVID SH et al. *Foot posture and injury risk in athletes: a systematic review.* Sports Med. 2021

- PROCHAZKOVA M, et al. **Analysis of foot load during ballet dancers' gait.** *Acta Bioeng Biomech.* 2014;16(2):41-5.
- SABINO GS, et al. Reliability of navicular drop test: a clinical measure of foot pronation. *Rev Bras Med Esporte.* 2018;24(4):281–5.
- SHAH S, WEISS DS, BURCHETTE RJ. **Injuries in professional modern dancers:** incidence, risk factors, and management. *J Dance Med Sci.* 2012 Mar;16(1):17-25.
- SOUZA, T. R. et al. **Clinical measures of hip and foot–ankle mechanics as predictors of rearfoot motion and posture.** *Manual Therapy*, v. 19, n. 5, p. 379–385, out. 2014.
- WAHLSTEDT, C.; RASMUSSEN-BARR, E. Anterior cruciate ligament injury and ankle dorsiflexion. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 23, n. 11, p. 3202–3207, 13 jun. 2014.-