



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Reabilitação

Doutorado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

MICHELLE COSTA DE MELLO

**ASSOCIAÇÃO DE MEDIDAS CLÍNICAS E BIOMECÂNICAS DE
ESTABILIDADE POSTURAL PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DE LESÃO
MUSCULOESQUELÉTICA EM BAILARINOS**

RIO DE JANEIRO

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pelo Sistema de bibliotecas e
Informação – SBI – UNISUAM

612.76 M527a postural Michelle	Mello, Michelle Costa de Associação de medidas clínicas e biomecânicas de estabilidade Para avaliação do risco de lesão musculoesquelética em bailarinos / Costa de Mello. –Rio de Janeiro, 2019. 82p. Tese (Doutorado em Ciências da Reabilitação) Centro Universitário Augusto Motta, 2019. 1. Exercício Físico. 2. Dança - Ballet. 3. Equilíbrio Postural. 4. Desempenho Físico Funcional. I. Título CDD 22.ed.
---	--

MICHELLE COSTA DE MELLO

**ASSOCIAÇÃO DE MEDIDAS CLÍNICAS E BIOMECÂNICAS DE
ESTABILIDADE POSTURAL PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DE LESÃO
MUSCULOESQUELÉTICA EM BAILARINOS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação d Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Reabilitação.

Linha de pesquisa: Avaliação Funcional em Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Lemos de Carvalho
Prof. Dr. Arthur de Sá Ferreira

RIO DE JANEIRO

2019

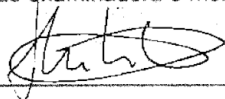
ASSOCIAÇÃO DE MEDIDAS CLÍNICAS E BIOMECÂNICAS DE
ESTABILIDADE POSTURAL PARA AVALIAÇÃO DO RISCO DE LESÃO
MUSCULOESQUELÉTICA EM BAILARINOS

MICHELLE COSTA DE MELLO

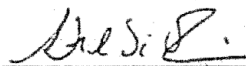
Tese de Doutorado apresentada ao Centro
Universitário Augusto Motta como requisito parcial
para obtenção do título de Doutor em Ciências da
Reabilitação, na linha de pesquisa: Avaliação
Funcional em Reabilitação.

Examinada em 25 de novembro de 2019.

Comissão examinadora e membros da banca:



Prof. Dr. Thiago Lemos de Carvalho, UNISUAM (Orientador)



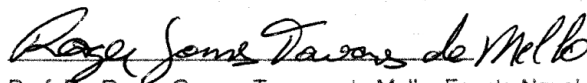
Prof. Dr. Arthur de Sá Ferreira, UNISUAM



Prof. Dr. Ney Armando Meziat Filho, UNISUAM



Prof. Dr. Fernando Eduardo Zikan, UFRJ



Prof. Dr. Roger Gomes Tavares de Mello, Escola Naval

Rio de Janeiro- RJ

2019

Agradecimentos

“Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.”
Antoine de Saint- Exupéry

Desafio tão grande quanto escrever esta Tese, foi utilizar apenas uma página para agradecer às pessoas que fizeram parte desta minha trajetória de 10 anos de aprendizados no Programa de Pós Graduação em Ciências da Reabilitação. Uma árdua jornada de desafios, construção e amadurecimento.

Agradecer ao Programa por toda seriedade ao conduzir o processo pedagógico e amadurecimento acadêmico. Manifesto aqui minha gratidão à todos os Professores que passaram por minha formação contribuindo de alguma maneira, alguns que me acompanharam desde a graduação. À toda experiência profissional que o programa me proporcionou, desde a oportunidade em participar de eventos, congressos, cursos, palestras, lecionar, conhecer outras instituições e novas perspectivas profissionais.

Meus respeitosos agradecimentos pela contribuição da banca do exame de qualificação e pela participação dos membros da banca examinadora da defesa.

Neste período, aprendi que uma tese ou qualquer outro trabalho é a extensão da vida do autor. Então, para que algo de valor seja produzido, deve-se primeiro criar algo de valor em si. Pessoa e obra são consistentes com o resultado e apesar do processo solitário a que qualquer investigador está destinado, reúne contributos de várias pessoas. Por esse motivo, agradeço sincera e profundamente a todas as pessoas que muito contribuíram, me encorajaram e ajudaram a produzir algo de valor em minha vida.

Em especial, ao meu orientador, Prof. Thiago Lemos de Carvalho, por todo apoio e dedicação, pelo enorme comprometimento durante esses quatro anos. Pela serenidade inconfundível, pelo incentivo constante, pelo carinho com que sempre me tratou, e tratou esta obra. Ao Prof. Arthur de Sá Ferreira pela enorme e indispensável colaboração para que este trabalho se tornasse realidade o qual foi essencial durante toda minha formação no Programa para que eu chegasse até aqui.

A todos que colaboraram para a conclusão deste trabalho, com palavras de incentivo, sorrisos, gestos de carinho e amizade, paciência, apoio técnico e emocional.

A todos os bailarinos, fonte de inspiração os quais foram de grande importância para a construção e concretização deste trabalho. Em especial à Companhia de Ballet da Cidade de Niterói que desde 2006 acreditou no meu trabalho.

Por fim, agradeço em especial àqueles que sempre me apoiaram incondicionalmente, que apostaram em mim mais do que ninguém e que seguramente são os que mais compartilham da minha alegria: minha amada família.

“Renda-se, como eu me rendi. Mergulhe no que você não conhece como eu mergulhei. Não se preocupe em entender, viver ultrapassa qualquer entendimento”.

Clarice Lispector

LISTA DE SIGLAS

SEBT	<i>Star Excursion Balance Test</i>
YBT	<i>Y- Balance Test</i>
IADMS	<i>Internacional Association of Dance Medicine and Science</i>
ANT	Anterior
PM	Pósterio-medial
PL	Pósterio-lateral
POST	Posterior
M	Medial
L	Lateral
AM	Antero medial
AL	Antero lateral
SNC	Sistema Nervoso Central
SAB	<i>Self Assessment Balance Ballet Questionnaire</i>
CP	Centro de pressão dos pés
DR	Distâncias radiais
RMS	Valor Quadrático Médio (sigla em inglês)
VM	Velocidade Média
CC	Correlação cruzada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
LME	Lesões Musculo Esqueléticas

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Posição inicial do SEBT e direções nas quais são utilizadas no ballet clássico, indicando correspondência entre elas.	
.....	8

FIGURA 2. Direções do SEBT nas quais o membro inferior suspenso deverá ser deslocado o máximo possível, sem perder a estabilidade. As direções descritas são baseadas no membro inferior esquerdo, tomado como membro de apoio.....	10
--	----

FIGURA 3. Y- Balance Test (YBT) e suas direções	
.....	11

RESUMO

O ballet é uma atividade extenuante e requer uma extrema demanda das valências físicas, o que torna o bailarino(a) propenso a lesões musculoesqueléticas. Nessa população, a elevada (re)incidência de lesões nos membros inferiores cria complicações em suas carreiras. Testes de estabilidade postural dinâmica, tais como o *Star Excursion Balance Test* (SEBT), ou sua versão curta, o *Y-Balance Test* (YBT), são frequentemente utilizados para avaliação do risco de lesão de membros inferiores. Entretanto, bailarinos reconhecidamente apresentam habilidades motoras excepcionais, principalmente no que se refere ao controle postural, sendo essa característica um potencial fator complicador para avaliação do risco de lesão nessa população. Com o intuito de determinar a utilidade de tais testes na avaliação do risco de lesão em bailarinos, o objetivo do presente estudo foi investigar a relação entre medidas clínicas e biomecânicas de estabilidade postural e as características e ocorrências de lesões musculoesqueléticas nessa população. Dois estudos observacionais foram realizados, com uma amostra total de 41 bailarinos. As características das lesões foram levantadas por meio de questionário padronizado. O controle postural foi avaliado através de posturografia em condições quase-estáticas (postura ortostática e a postura *demi-point*, específica do ballet) e dinâmica (durante a realização do YBT). Em termos gerais, as medidas de amplitude e velocidade do deslocamento postural foram úteis para discriminar bailarinos com ou sem histórico de lesões (teste *t* de Welch, $P < 0,005$, $d > 1,741$); contudo, esse efeito foi observado somente na posição *demi-point*, específica para o ballet. Quando da aplicação do YBT para avaliação do risco de lesão, a maioria dos bailarinos (85%) foi classificado como com baixo-risco. As características de controle postural durante o YBT foram distintas quando comparadas direções do teste (ANT, anterior; PL, posterior-lateral; PM, posterior-medial) e o sexo dos bailarinos: especificamente, os deslocamentos posturais foram maiores, mais lentos e regulares nas direções PL e PM, em mulheres (ANOVA $P < 0,010$). Como conclusão, podemos afirmar que as medidas posturográficas tomadas em posições específicas para o ballet são capazes de distinguir aqueles com ou sem histórico de lesões musculoesqueléticas. Por outro lado, o desempenho de um teste de estabilidade dinâmica não é capaz de identificar aqueles com alto risco de lesão musculoesquelética, determinados a partir do histórico de lesão. Além disso, as características posturográficas de tal teste varia significativamente entre direções e sexo. A utilidade de testes de estabilidade dinâmica para avaliação de risco nessa população precisa ser considerada com cautela, levando em conta a especificidade das posições do ballet e do sexo dos bailarinos avaliados.

Palavra-chave: equilíbrio postural; desempenho físico funcional; ballet; dor musculoesquelética.

ABSTRACT

Ballet is a strenuous activity and requires an extreme demand for physical valences, which makes the dancer prone to musculoskeletal injuries. In this population, the high (re) incidence of lower limb injuries creates complications in their careers. Dynamic postural stability tests, such as the Star Excursion Balance Test (SEBT) or its short version, the Y-Balance Test (YBT), are often used to assess the risk of lower limb injury. However, dancers are known to have exceptional motor skills, especially with regard to postural control, which is a potential complicating factor for assessing the risk of injury in this population. In order to determine the usefulness of such tests in assessing the risk of injury to dancers, the aim of the present study was to investigate the relationship between clinical and biomechanical measures of postural stability and the characteristics and occurrences of musculoskeletal injuries in this population. Two observational studies were conducted with a total sample of 41 dancers. The characteristics of the lesions were surveyed using a standardized questionnaire. Postural control was assessed by posturography under quasi-static conditions (orthostatic posture and ballet-specific demi-point posture) and dynamic (during YBT performance). In general terms, measures of amplitude and velocity of postural displacement were useful for discriminating balarinos with or without a history of injuries (Welch's t test, $P < 0.005$, $d > 1.741$); however, this effect was observed only at the demi-point position, specific to the ballet. When applying YBT to assess injury risk, most dancers (85%) were classified as low risk. The characteristics of postural control during YBT were different when comparing the directions of the test (ANT, anterior; PL, posterior-lateral; PM, posterior-medial) and the gender of the dancers: specifically, the postural displacements were larger, slower and in the PL and PM directions in women (ANOVA $P < 0.010$). In conclusion, we can state that posturographic measurements taken at specific ballet positions are able to distinguish those with or without a history of musculoskeletal injuries. On the other hand, the performance of a dynamic stability test cannot identify those with high risk of musculoskeletal injury, determined from the history of injury. In addition, the posturographic characteristics of such a test vary significantly between directions and gender. The utility of dynamic stability tests for risk assessment in this population needs to be considered with caution, taking into account the specificity of ballet positions and gender of the dancers evaluated.

Key-words: postural balance; functional physical performance; ballet; musculoskeletal pain.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1. Lesões Musculoesqueléticas.....	2
2.2. Ballet	4
2.3. Teste funcional para avaliação do risco de lesão	6
2.3.1. O SEBT	7
2.3.2. Y- Balance Test.....	10
2.4. Controle postural em bailarinos.....	11
2.4.1. Coordenação postural	13
2.4.2. Estabilidade postural em bailarinos.....	14
2.5. Habilidades.....	15
2.5.1. Habilidade em Bailarinos.....	15
3. OBJETIVOS	18
3.1. Objetivo geral	18
3.2. Objetivos específicos	18
4. JUSTIFICATIVA	18
5. MÉTODOS.....	20
5.1. EXPERIMENTO 1	20
5.1.1. Objetivos específicos	20
5.1.2. Desenho de estudo	20
5.1.3. Amostra.....	20
5.1.4. Procedimentos	20
5.1.5. Aquisição e processamento de dados.....	21
5.1.6. Estatísticas.....	22
5.2. EXPERIMENTO 2	23
5.2.1. Objetivos específicos	23
5.2.2. Desenho do estudo	23
5.2.3. Amostra.....	23
5.2.4. Aplicação do questionário	23
5.2.5. Star Excursion Balance Test / Y- Balance Test.....	23
5.2.6. Aquisição e processamento de dados.....	24
5.2.7. Análise estatística	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6.1. Manuscrito 1.....	27
6.2. Manuscrito 2.....	42
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS.....	59
APÊNDICE 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	68
ANEXO 1. Folha de Aprovação do Comitê de Ética.....	71
ANEXO 2. Questionário de Prevalência de Lesão na Prática de Ballet	72

1. INTRODUÇÃO

O ballet é uma atividade extenuante e requer uma extrema demanda das valências físicas e condicionamento como a maior parte dos esportes (BRONNER et al., 2003). O movimento é o objetivo final, sendo necessária sua repetição exaustiva para alcançar um alto desempenho e nível técnico, solicitando ao máximo os tendões, músculos, ossos e articulações, podendo atuar diretamente como fator desencadeante de lesões pela frequente solicitação do sistema locomotor (BATISTA & MARTINS, 2010). Em função disso, bailarinos são considerados um grupo de alto risco de distúrbios musculoesqueléticos relacionados à atividade laboral, dos quais 95% sofrem estas lesões, que são comparadas às lesões esportivas pela intensidade dos treinamentos e pela frequência da prática (BRONNER et al., 2003; BATISTA & MARTINS, 2010; COSTA et al., 2016).

Acredita-se que atletas realizem suas atividades, mesmo com lesões presentes, treinando em torno de um problema pré-existente ou simplesmente não superando as limitações ao utilizar movimentos compensatórios durante suas atividades (COOK et al., 2014). Ao avaliar a qualidade de movimento, acredita-se que aqueles que apresentam padrões “pobres” de movimento são mais propensos a sofrer lesão (Mc CUNN et al., 2016). Portanto, apesar dos bailarinos apresentarem grande habilidade postural foi relatado que o índice de lesões musculoesqueléticas é elevado, criando grandes complicações em suas carreiras. A proposta de avaliar o padrão de movimentos e com isto prever risco de lesões nesta população se torna importante, reconhecendo a existência de teste para tal, como o *Star Excursion Balance Test* (SEBT) e suas variações como o *Y- Balance Test* (YBT), mesmo que sem nenhuma evidência da efetividade para essa população.

Entretanto, há evidências de que essa população apresenta um padrão de estabilidade postural distinto daquele observado em indivíduos sedentários ou que praticam outro tipo de atividade físico-esportiva (COSTA et al., 2013). O desempenho em tarefas de equilíbrio estático é superior ao apresentado por praticantes de técnicas desportivas, tais como judocas, corredores, acrobatas e jogadores de futebol, resultando em um alto padrão na condição sem restrição visual, provavelmente relacionado à especificidade do treinamento (COSTA et al., 2013).

O desempenho em tarefas de alto nível motor durante a aprendizagem do *ballet* implica em dominar simultaneamente o balanço postural estático e dinâmico através de movimentos de equilíbrio em bases de suporte reduzidas e movimentos de grande precisão. Os bailarinos são submetidos a posições desafiadoras de membros inferiores durante todo o período de aprendizado e prática profissional, desafiando cada vez mais o controle postural, mesmo que sob condições de lesões (COSTA et al., 2013; CHENG-FENG et al., 2011). Supõe-se que, por conta do desenvolvimento dessa habilidade motora, resultados satisfatórios em testes de desempenho poderiam ser observados mesmo que um padrão de coordenação inadequado seja utilizado pelo bailarino.

O objetivo do estudo foi avaliar o padrão de estabilidade postural de uma população de bailarinos, a fim de investigar se medidas clínicas e biomecânicas são capazes de revelar alterações no controle motor desses indivíduos que justifiquem a ocorrência de lesões musculoesqueléticas. Para isso foi utilizado um teste de estabilidade postural estático e dinâmico, o YBT, por este apresentar evidências de relação com o risco de lesão em populações de indivíduos fisicamente ativos (GRIBBLE et al., 2012; DELAHUNT et al., 2013).

O trabalho abordou aspectos clínicos no desempenho em padrão de movimentos de membros inferiores e em estabilidade postural. Buscou-se também, a identificação dos fatores biomecânicos relacionados à estabilidade postural de bailarinos que possam correlacionar-se com as lesões musculoesqueléticas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Lesões Musculoesqueléticas

Lesões musculoesqueléticas de natureza biomecânica equivalem a falhas de estrutura (BAHR & KROSSHAUG, 2005), as quais podem ocorrer simultaneamente em diferentes graus (KUMAR, 2001), por determinada ação, reação ou resultado de disfunções da mecânica musculoesquelética do movimento (WHITING & ZERNICKE, 2001). Quatro teorias têm sido propostas para explicar esses acontecimentos: teoria da interação multivariada, que considera a soma de perturbações de origem mecânica, características

morfológicas e psicossociais; fadiga, responsável por atividades musculoesqueléticas assimétricas, criando um desequilíbrio cinético e cinemático; carga cumulativa, que sugere um limiar da carga e da repetição; uso repetitivo, que afirma que o esforço que exceda o limite de tolerância precipita lesão ocupacional (KUMAR, 2001).

Lesões musculoesqueléticas ocorrem frequentemente na população de atletas de elite, diferindo de acordo com o esporte praticado (MEEUWISE et al., 2007). Apesar de parecerem eventos acidentais, muitos fatores desempenham um papel de risco para a ocorrência da lesão, os quais não são suficientes, mas somam-se ou interagem efetivamente para tornar o atleta predisposto (KUMAR et al., 2001). É difícil identificar o exato mecanismo provocativo da lesão, que geralmente ocorre quando há uma sobrecarga das estruturas musculoesqueléticas (MEEUWISE et al., 2007).

Diferentes estudos (SARAGIOTTO et al., 2014; McINTOSH et al., 2005, STEFFEN, 2013; CREIGHTON et al., 2010; ENGEBRETSEN et al., 2013) têm relatado uma forte associação entre a exposição a fatores de risco e lesão. A exposição repetida ao longo de um período prolongado pode impedir a recuperação completa do trauma, causando lesão residual, e definindo o cenário da lesão (KUMAR et al., 2001). No entanto, a exposição é uma combinação de fatores de risco repetidos e dinâmicos que podem mudar frequentemente, alterando a predisposição a lesão. O atleta pode então ser exposto aos mesmos ou diferentes fatores de risco extrínsecos, e ter uma susceptibilidade diferente (BAHR & KROSSHAUG, 2005).

Macintosh et al. (2005) também pressupõe que quaisquer riscos podem interagir com outros para produzir efeitos de interação conjunta. Como tal, fatores intrínsecos podem interagir com fatores extrínsecos para produzir riscos que se acumulam. Os fatores de risco são frequentemente classificados como intrínsecos (tais como biomecânica, condicionamento físico, estágio de desenvolvimento e somatotipo) e extrínsecos (incluindo fatores como clima, condições ambientais, equipamentos utilizados) (MEEUWISE, 1994).

Entender a causa de uma lesão é fundamental para o avanço do conhecimento esportivo, particularmente no que se refere à previsão e prevenção. Pesquisas em medicina esportiva vêm tentando elucidar a causa, porém insuficiente atenção tem sido dada às relações causais (MEEUWISE,

1994). Ao observar as avaliações de fatores de risco e causalidade em lesões desportivas, Meuwisse (1994) depara-se com limitações de exploração ao abordar um único fator de risco (abordagem univariada), mesmo quando os dados sobre múltiplos fatores estão disponíveis. Dados estes, que podem levar à um maior sucesso na previsão de lesões desportivas e ajudar a orientar estratégias de prevenção eficazes (MEEUWISSE, 1994).

Um outro modelo apresenta uma abordagem dinâmica, ao incorporar as consequências da participação repetida no esporte, com e sem lesão, enfatizando o fato de que as adaptações ocorrem dentro do contexto do esporte (tanto na presença como na ausência de lesão) que alteram o risco e afetam a etiologia de forma dinâmica e recursiva. Independentemente do tipo de lesão, muitas vezes esta é precedida por uma cadeia de circunstâncias que, quando se juntam, constituem causa suficiente para resultar em uma lesão. Este modelo considera que a exposição produz adaptação, má adaptação, lesão ou recuperação completa / incompleta da lesão (MEEUWISSE et al., 2007).

Dado que a compreensão das causas e riscos são pré-requisitos para a prevenção de lesões, os vários modelos que foram desenvolvidos deveriam compreender a interação entre os diferentes fatores ao longo do caminho para a lesão. KUMAR (2001), destaca a importância de se examinar fatores predisponentes intrínsecos, bem como aqueles fatores extrínsecos que interagem para tornar um atleta suscetível a lesão.

2.2. Ballet

Os bailarinos possuem um regime de treinamento intenso e rotinas de desempenho complexas e, conseqüentemente, o risco de lesões pode potencialmente diminuir seu rendimento e encurtar suas carreiras (BRONNER et al., 2006; TOLEDO et al., 2004; ALLEN et al., 2012; SMITHS et al., 2015).

Sistemas de monitoramento de lesões musculoesqueléticas decorrentes da prática de atividades físicas e esportes têm sido implementados em vários países com o objetivo de controlar e reduzir a taxa de ocorrência de lesões em atletas (CAMPOY et al., 2011). Porém, atualmente é difícil estabelecer um diagnóstico universal de lesões em bailarinos, por não existirem normas uniformes para medições, o que limita a compreensão das causas destas

lesões e dificulta o desenvolvimento de programas específicos de prevenção (BAHR & KROOHAUG, 2005; BRONNER et al., 2003). Especificamente para a dança, somente a *Internacional Association of Dance Medicine and Science* (IADMS) promove diretrizes para avaliar lesões relacionadas com a prática desta atividade (LIEDERBACH & RICHARDSON, 2007).

Destacam-se em alguns estudos informações que são consideradas importantes para a avaliação das lesões em bailarinos, mas que ainda não foram adequadamente investigadas, como o Relatório Internacional de Lesões em Artes Dramáticas, proposto por Campoy et al. (2011), e a abordagem da medicina do esporte e do trabalho proposto por Bronner et al. (2003), em que fatores intrínsecos e extrínsecos são considerados relevantes. Entre esses fatores, encontramos: demandas da técnica; estilo de dança; erros de treinamentos; condições ambientais; tipo de calçado e vestimentas; piso; sexo; idade; lesões prévias; frouxidão ligamentar e flexibilidade; força; condicionamento aeróbico e fatores psicossociais.

Estudos epidemiológicos sobre lesões no *ballet* clássico apontam o tempo de atuação como principal causa de lesão, sendo responsável por 40% a 80% das lesões, porém estes estudos são baseados em dados obtidos em bailarinos amadores, não havendo um controle quanto às horas de treinamento diário (CAMARGO & GHIROTTI 2003; MONTEIRO & GREGO, 2003; WIESLER et al., 1996). A maioria dos estudos que investigaram lesões na dança relatou o *ballet* clássico como a modalidade de dança com maior exigência técnica (PICON & FRANCHI, 2007; AQUINO et al., 2010; SIMÕES & ANJOS, 2010). Além de ser base para a prática de outras modalidades, o *ballet* é a técnica que apresenta maior índice de lesões (ALLEN et al., 2012; DORE, 2007; GUIMARÃES & SIMAS, 2001; CHENG-FENG et al., 2011; SOLOMON et al., 1995; NISSON et al., 2001; BRONNER et al., 2006; BYHRING, 2002; HILLIER, 2004).

Segundo Picon et al. (2002) e Grego et al. (1999), cerca de 86% a 98% das lesões no *ballet* clássico são relacionadas ao membro inferior, principalmente nas articulações do pé e tornozelo, sendo 64% destas lesões provocadas por micro-traumatismos de repetição (DORE, 2007; PICON, 2002; GREGO et al., 1999). As entorses de tornozelo correspondendo a 72% das lesões nos bailarinos profissionais e 52% nos bailarinos não profissionais

(COSTA et al., 2015). Adicionalmente, de acordo com Monteiro et al. (2003), as lesões do joelho e quadril correspondem a 20%.

2.3. Teste funcional para avaliação do risco de lesão

Ao preparar um atleta para a variedade de atividades necessárias na participação ou retorno ao esporte, uma análise de movimentos fundamentais deve ser incorporada. Uma explicação alternativa para o desenvolvimento de padrões de movimento errados é a presença de lesões anteriores. Os indivíduos que sofreram uma lesão podem ter uma diminuição na entrada proprioceptiva e, se não tratada ou tratada inapropriadamente, ocorre a alteração da aferência sensorial que pode acarretar mobilidade e estabilidade alteradas, levando à padrões de movimentos compensatórios que podem levar à predisposição de lesões recorrentes (LATASH & ANSON, 2006; VAN EMMERIK & VAN WEGEN, 2002; HAMILL & KNUTZEN 2008).

É difícil determinar qual fator de risco tem maior influência na lesão, se as lesões anteriores ou desequilíbrios de estabilidade / mobilidade. Em ambos os casos pode-se ocasionar deficiências de desempenho funcional. Por conta da complexidade do sistema cinético testes de rastreo funcionais são importantes para identificar e descrever as deficiências (COOK et al., 2014; LATASH & ANSON, 2006).

Avaliação de qualidade de movimento em atletas é amplamente utilizado por equipes médicas em muitos esportes. Porém, faltam ferramentas de rastreo da qualidade que sejam confiáveis e válidas, e programas de prevenções de lesões que identifiquem indivíduos com alto risco (McCUNN et al., 2016; COOK et al., 2014).

Há uma tendência preventiva com a implementação de testes para avaliar a qualidade do movimento (McCUNN et al., 2016; POTTER et al., 2011). Os dados coletados são usados para fornecer um perfil físico em que os resultados ajudam a detectar incapacidades ou lesões musculoesqueléticas que possam limitar a carreira do bailarino ou predispor-lo a lesões. Além de ajudá-los a mudar os padrões de movimento resultando em uma melhora da capacidade técnica (POTTER et al., 2011).

McCunn et al. (2016) propuseram uma revisão para resumir a confiabilidade de testes funcionais atualmente documentados na literatura

científica e explorar as evidências em torno da associação com o risco de lesão. Um teste, o SEBT para avaliação da estabilidade dinâmica, apresentava evidência direta, ainda que inconsistente, relacionada ao risco de lesão.

2.3.1. O SEBT

O SEBT é uma ferramenta de rastreamento funcional utilizado, após lesões de membros inferiores, para avaliar a progressão da reabilitação; para a tomada de decisões de retorno ao esporte; para determinação do desempenho em pacientes com instabilidades crônicas de tornozelo e para identificar atletas como os de basquete e futebol com maior risco de lesões em membros inferiores (CLAGG et al., 2015; PLISKY et al., 2009).

NESS (2015) esboçou recomendações específicas para o uso da SEBT em ambientes clínicos e de pesquisa. No entanto, existem várias limitações para o teste quando ele é conduzido na sua totalidade, já que são necessários 48 alcances para a conclusão completa do teste (3 repetições em 8 direções, realizadas bilateralmente), tornando assim o desempenho do protocolo de teste demorado na prática clínica (FIGURA 1A e FIGURA 2). Com base nessa restrição de tempo, Hertel et al. (2006) mostraram que as direções de alcance anterior (ANT), pósteromedial (PM) e pósterolateral (PL) mostram informações menos redundantes, podendo ser usadas para simplificar o desempenho e a administração do teste (HERTEL et al., 2006; FULLAM et al., 2014) (FIGURA 3).

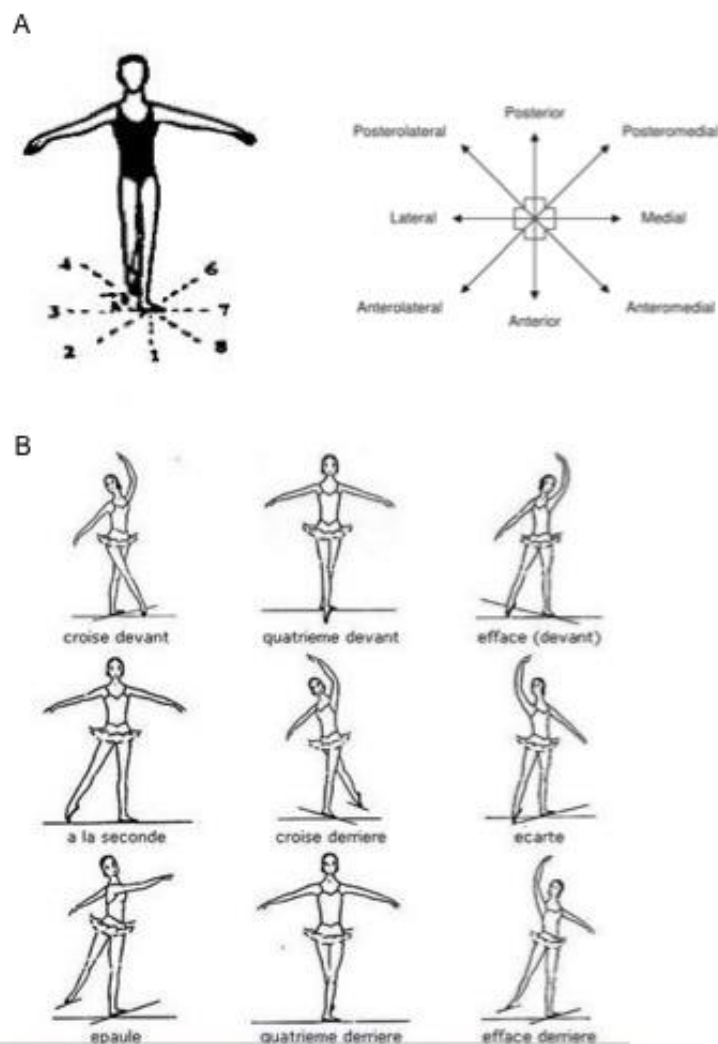


FIGURA 1. (A) Posição inicial do SEBT e direções nas quais o voluntário deve deslocar o membro inferior suspenso. (B) Posições do ballet clássico, indicando correspondência entre estas e as direções do SEBT, considerando a membro inferior esquerdo como apoio, e a membro inferior direito como de alcance. Posição 1 (anterior / *devant*); posição 2 (antero-lateral / *efface devant*); posição 3 (lateral / *a la seconde*); posição 4 (póstero-lateral / *efface derriere*); posição 5 (posterior / *derriere*); posição 6 (póstero medial / *croise derriere*); posição 7 (medial / *a la seconde*); posição 8 (antero-medial / *croise devant*).

Pesquisadores sugerem que diferentes direções do SEBT têm diferentes demandas (EARL & Hertel, 2001; RASOOL & GEORGE, 2007). Por exemplo, a direção antero-medial (AM), mais semelhante ao andar resulta em um movimento anterior global do corpo, apresentou menor variabilidade (15,2%) em comparação com a direção medial (M; 25%) e pósteromedial (PM; 36%), sendo esses últimos movimentos incomuns, com baixa ocorrência durante a atividade diária. Ness et al. (2015) incorporaram uma avaliação de qualidade do movimento durante este teste, identificando critérios relacionados ao joelho, pelve e posição do tronco. O SEBT simula a dança em utilizar as mesmas oito direções cardiais do *ballet* clássico em gesto de membro (apontando para o espaço; FIGURA 1B) o que aproxima-o ainda mais do gestual lesivo na dança.

O SEBT fornece uma medida confiável de estabilidade postural dinâmica, com correlações intraclass teste-reteste variando de 0,89 a 0,93; validação e confiabilidade (0,91 intra-avaliador e 0,99 inter-avaliador) e é um teste dinâmico para prever o risco de lesão em extremidade inferior e identificar os déficits de equilíbrio em condições de lesões (ICC 0,84 e 0,92) (GLAVE et al., 2016; PLISKY et al., 2009; FULLAM et al., 2014; SIBLEY et al., 2015). Os valores de alcance da distância são usados como um índice de estabilidade postural dinâmica, ou seja, uma distância maior alcançada representa melhor estabilidade postural (GRIBBLE et al., 2012; AMBEGAONKAR et al., 2013).

O SEBT foi previamente utilizado como uma ferramenta para identificar déficits de estabilidade postural dinâmica em indivíduos com instabilidade crônica do tornozelo, pelo que a distância de alcance reduzida em certas direções previu em 80% dos indivíduos (GRIBBLE et al., 2004). O teste também é usado para mensurar habilidades individuais ao mover-se de maneira controlada através de um membro inferior de base estável em posição unipodal (GRIBBLE et al., 2012; AMBEGAONKAR et al., 2013), e de diferenciar o desempenho da estabilidade postural dinâmica em atletas lesionados de ligamento cruzado anterior reconstruídos, além dos seus limites de estabilidade funcional e controle postural antecipatório (GLAVE et al., 2016; DELAHUNT et al., 2013).

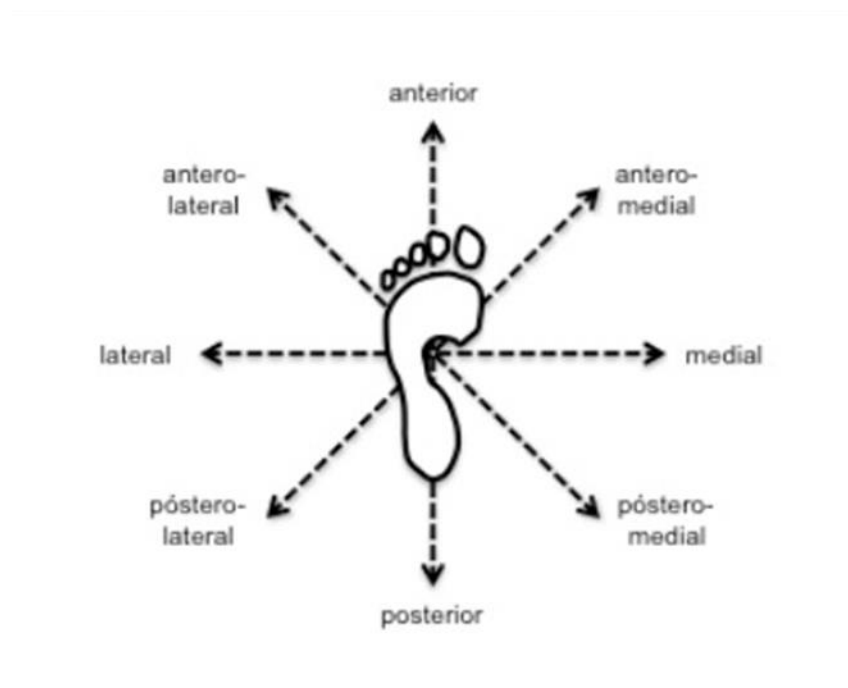


FIGURA 2. *Star Excursion Balance Test* e suas direções.

2.3.2. Y- Balance Test

A versão original do SEBT consiste em três repetições para cada uma das oito direções (FIGURA 2); entretanto, foi identificada uma considerável redundância no desempenho entre as direções do teste, e somente as direções ANT, PL e PM foram identificadas como as mais representativas para detecção de diferenças funcionais entre os membros inferiores (HERTEL et al., 2006). Com base nesses dados foi desenvolvida uma versão simplificada do SEBT, o *Y Balance Test* ou YBT. Essa variação do protocolo original consiste somente da avaliação das direções ANT, PL e PM e, devido ao seu baixo custo de investimento e menor tempo de execução, tem sido bastante utilizado na prática clínica e esportiva (NESS et al., 2015).

Em um dos primeiros estudos de coorte que investigaram o YBT como uma ferramenta preditiva de lesão de extremidade inferior no âmbito esportivo, PLISKY et al. (2006) avaliaram o comprimento dos membros inferiores e as distâncias ANT, PL e PM bilateral de 235 atletas (130 meninos e 105 meninas) de basquete do ensino fundamental antes de uma temporada regular. Eles encontraram que os atletas que apresentaram uma diferença do alcance na distância ANT maior que 4 cm entre os membros inferiores foram 2,5 vezes

mais propensos a sofrer uma lesão ao longo da temporada. Além disso, atletas que apresentaram uma distância de alcance composta (COMP) menor que 94% do comprimento do membro inferior foram 6,5 vezes mais propensas a sofrer uma lesão durante a temporada. Em um outro estudo, atletas de futebol americano que tiveram uma COMP inferior a 89,6% do comprimento do membro inferior foram 3,5 mais propensos a desenvolverem, ao longo da temporada, uma lesão sem contato (BUTLER et al. 2013). Essas referências foram validadas por NESS et al. (2015) para classificar indivíduos como “em risco” ou “sem risco” de desenvolverem uma lesão no joelho: os indivíduos “em risco” demonstraram diferença de distância de alcance ANT direita/esquerda superior a 4 cm e/ou o valor COMP inferior a 89,6% para homens e 94% para mulheres.

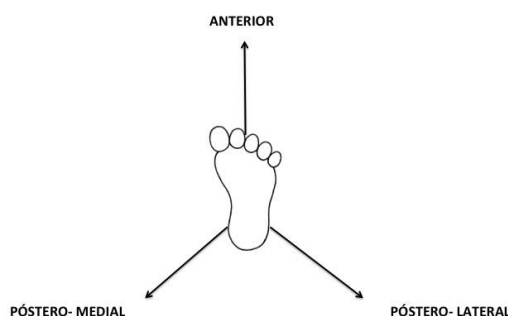


FIGURA 3. Y- Balance Test e suas direções.

2.4. Controle postural em bailarinos

O controle postural é um aspecto importante para compreender a capacidade que o ser humano tem para manutenção da posição geral do corpo e membros em relação uns aos outros, exercer suas atividades mantendo o corpo em equilíbrio, proporcionando estabilidade e orientação em relação ao espaço (SOARES, 2010). Tal controle e busca pela estabilidade postural depende de informações sensoriais dos sistemas vestibular, visual e somatossensorial para que ações motoras sejam desencadeadas e, também, ações de adaptações baseadas em experiências, interações e habilidades (CARVALHO & ALMEIDA, 2009; MANN et al., 2009; SOARES, 2010; TEIXEIRA et al., 2010).

O sistema de controle postural é extremamente complexo e intervém de forma permanente nos movimentos mais comuns do corpo e principalmente na postura ortostática, pois ele o prepara, contribui para o seu início, guia-o, reforça-o e serve de apoio (GUYTON & HALL, 2002; MACHADO, 2003; BRICOT, 2004).

Para adequada manutenção do equilíbrio, informações integradas provêm dos sistemas sensoriais periféricos, assim como do necessário ajuste em nível central pelo Sistema Nervoso Central (SNC). O equilíbrio estável é obtido pela manutenção do centro de gravidade dentro dos limites da base de suporte durante as ações motoras, os quais não são fixos e podem ser modificados de acordo com as tarefas, movimentos, biomecânica individual e aspectos ambientais (DI FABIO E EMASITHI, 1997; EMERY, 2003; MOCHIZUKI E AMADIO, 2006; CECCHINI, ALONSO E SALGADO, 2007; OLIVEIRA et al., 2008; SOARES, 2010).

A manutenção da postura ortostática requer o controle do centro de massa do corpo utilizando os graus de liberdade proporcionados pelas articulações que unem os segmentos do corpo (WINTER, 1995). O deslocamento postural pode ser descrito pela dinâmica temporal do centro de massa do corpo e compreende, desta forma, o resultado do processo pelo qual o SNC gera os padrões de atividade muscular necessários para regular a relação da posição do centro de massa do corpo em relação à sua base de suporte (JÚNIOR & HECKMANN, 2002; RUWER et al., 2005).

Ao garantir o equilíbrio do corpo na postura ereta, diferentes respostas motoras são caracterizadas por padrões diferentes de coordenação, definindo as sinergias posturais (FREITAS, 2005). Buscando entender como o sistema de controle postural gera essas respostas motoras para minimizar os efeitos desestabilizadores dos movimentos voluntários, estudos têm observado que sinergias precederam os movimentos voluntários envolvendo somente alguns segmentos isolados (FREITAS, 2005).

A estabilidade postural dinâmica é avaliada em laboratório utilizando plataformas de força, contudo também foram desenvolvidas ferramentas clínicas para avaliá-la, como a manutenção de uma base estável de apoio ao executar tarefas prescritas (GRIBBLE et al., 2004).

O centro de pressão representa o ponto de aplicação da resultante das

forças reativas sob os pés. Na literatura sobre controle postural, o grau de movimento do centro de pressão de um indivíduo em uma plataforma de força tem sido usado para identificar a instabilidade postural por meio de maiores deslocamentos. No entanto, essa relação entre deslocamentos e instabilidade não leva em consideração os padrões posturais adotados. Sugere-se em pesquisas sobre postura e equilíbrio a detecção dos limites de estabilidade e sua variabilidade (VAN EMMERIK & VAN WEGEN, 2002).

2.4.1.Coordenação postural

O modelo de ligação cinética utilizado para analisar o movimento descreve o corpo como um sistema de segmentos interdependentes. Um aspecto importante deste modelo é a capacidade proprioceptiva do corpo em relação à sensação de movimento das articulações e senso de posição, fornecendo a base para todo o controle motor e movimento humano (HSU et al., 2007; LATASH & ANSON, 2006; VAN EMMERIK & VAN WEGEN, 2002).

Em condições impostas de perturbações da superfície de apoio, são observados vários padrões de coordenação (CREATH et al., 2005; HORAK & NASHNER, 1986). As estratégias de tornozelo e do quadril, juntamente com o passo, são consideradas padrões de coordenação primários implementados pelo SNC para manutenção da postura durante as perturbações. No entanto, a seleção central pode não ser o determinante primário da estratégia de resposta postural. Do ponto de vista biomecânico, esses padrões decorrem da dinâmica de múltiplas estratégias com a coexistência simultânea de relações fase (baixas frequências) e anti-fase (altas frequências) entre os ângulos das articulações durante a posição estática (CREATH et al., 2005).

A posição estática vertical, foco de interesse por algumas décadas, como um pêndulo invertido único sobre a articulação do tornozelo vem sendo o paradigma em estudos recentes (WINTER et al., 1998; WINTER et al., 2003). Experimentos mostraram que o ângulo do tornozelo não é o único desviado durante a posição estática, mas também os do joelho e quadril (HSU et al., 2007; GUNTHER et al., 2009), assim contribuindo para a re-estabilização da posição perturbada (HORAK E NASHNER, 1986; WILSON et al., 2006). A coordenação multiarticular parece vir à tona (CREATH et al., 2005; HSU et al., 2007; GUNTHER et al., 2009) ao conseguirem separar as relações cinemáticas

em fase e anti-fase das articulações do tornozelo e quadril.

2.4.2. Estabilidade postural em bailarinos

O treino do equilíbrio inicia-se precocemente nos bailarinos em torno de cinco anos de idade e se torna mais complexo quando os bailarinos atuam *en pointe* (CHENG-FENG et al., 2011), no entanto, a dificuldade da tarefa de equilíbrio aumenta nas bases unipodais (EMERY, 2003), sendo esse posicionamento frequente na prática do *ballet* e consideradas condições de fácil execução (GUILLOU et al., 2007, BLASING et al., 2012). O equilíbrio de bailarinos em comparação com o de praticantes de outras técnicas desportivas como judocas, corredores, acrobatas e jogadores de futebol foi discutido em 28% dos artigos selecionados em uma revisão (COSTA et al., 2013), sendo um consenso o alto padrão de equilíbrio sem restrição visual dos bailarinos, provavelmente relacionado à especificidade do treinamento desses. Ao comparar bailarinos com não bailarinos fisicamente ativos, encontrou-se que nas posições antero-medial (AM) e medial (M) de membro inferior, os resultados se apresentaram melhores para o equilíbrio dos bailarinos. Porém, na direção pósteromedial os resultados foram piores, talvez por ser uma direção incomum aos movimentos diários praticados por bailarinos (AMBEGAONKAR et al., 2013). De acordo com Hertel et al. (2005), as direções antero-medial, medial e pósteromedial são sugeridas como mais sensíveis em detectar habilidades de equilíbrio (MUNRO & HERRINGTON, 2010; AMBEGAONKAR et al., 2013).

A capacidade de um bailarino em manter a estabilidade articular dinâmica e evitar lesões ou recidivas é baseado em uma complexa interação de vários mecanismos neuromusculares envolvendo órgãos sensoriais, vias neurais e músculos. A prevenção de lesões em uma situação dinâmica desportiva dependerá da direção e magnitude da força de desestabilização durante o gesto esportivo realizado, as cargas as quais são aplicadas às estruturas estabilizadoras, quantidade de atividade muscular presente, da posição e atividade realizada e da antecipação do mecanismo de lesão (EMERY, 2003).

Alguns estudos têm relatado o controle postural em bailarinos e mostram que em situações de treino e competição o controle da postura e estímulos

sensoriais podem modificar as estratégias e a utilização predominante de um sistema de aferência sensorial sobre outro, assim como as variações angulares de diversas articulações visto por meio da cinemática (BARCELLOS & IMBIRIBA, 2002; SOARES, 2010; PREUSS et al., 2010; CECCHINI et al., 2012; BRUYNEEL et al., 2010).

2.5. Habilidades

Atos motores básicos amadurecem em consequência das interações entre maturação do SNC, crescimento e meio ambiente (SHEPHERD, 1995). Annett (1971) definiu a habilidade como melhora da organização e da eficácia de qualquer atividade humana, em consequência do exercício repetido. Segundo Singer (1980), o aprendizado das habilidades motoras depende da prática supervisionada, da motivação e do conhecimento da meta, assim como dos resultados.

O aprendizado e o controle dos movimentos dependem mais da inibição progressiva da atividade muscular indesejável do que da ativação de unidades motoras adicionais (O'CONNELL, 1972; BASMAJIAN, 1977). De acordo com a ciência cognitiva, a simples interação motora sensorial com o meio ambiente desempenha um papel importante no desenvolvimento de habilidades (VOYER, 2017).

Indivíduos que possuem treinamento de habilidades específicas, como bailarinas e ginastas, possuem uma capacidade única de controle de equilíbrio. Prevê-se que as associações aprendidas entre os desafios à estabilidade (tanto as perturbações internas como as externas) e as estratégias de recuperação de equilíbrio associadas, compreendam um estado central de habilidade especial (DUCAN, 2016).

2.5.1. Habilidade em Bailarinos

Os bailarinos parecem confiar em suas experiências anteriores, ou habilidades, que se concentram fortemente no treinamento de equilíbrio e no controle dos músculos posturais estabilizadores, para tentar controlar seu centro de massa e estabilidade postural resultante quando exposto à nova perturbação (DUCAN, 2016).

O *ballet* clássico é uma atividade física, que ao longo do tempo foi se desenvolvendo e tornando-se complexa, a qual requer condicionamento adequado e que atua sobre o desenvolvimento e a maturação das condutas psicomotoras, tais como coordenação, equilíbrio e lateralidade, associadas à força e flexibilidade eficientes na execução técnica e prevenção de lesões (THIESEN, SUMIYA 2011).

Bailarinos são considerados atletas devido à realização de complexas rotinas que exigem um alto nível de treinamento e capacidade motora (ALLEN et al. 2012). Com a profissionalização da técnica da dança, observa-se que bailarinos profissionais são exigidos exaustivamente em seus treinamentos diários para que a técnica resulte em um desempenho corporal de qualidade (ALLEN et al. 2012). Geralmente, esses treinamentos compostos por exercícios de aquecimento, flexibilidade, quedas, saltos, equilíbrio, amplitudes exageradas de movimento, forças dinâmicas, estáticas e explosivas, giros, além da realização de movimentos sobre sapatilhas de ponta e meia ponta (BRUYNEEL et al. 2010).

Estudos mostraram que bailarinas profissionais em comparação a não profissionais possuem padrões dinâmicos de deslocamento postural e um controle do equilíbrio mais eficiente (SCHMIT, KUNI, SABO 2005; BRUYNEEL et al. 2010). Possivelmente pelo tipo e tempo de treino proposto o que proporcionaria um melhor desempenho em relação a grupos não treinados, resultando em melhor estabilidade corporal e maior dependência visual (GOLOMER, DUPUI 2000).

Ao realizar um equilíbrio na ponta dos pés no *ballet*, é importante que o centro de gravidade e a base de apoio estejam alinhados verticalmente. São pelo menos dois mecanismos de controle motor possíveis para manter o alinhamento vertical e limitar a oscilação do centro de gravidade, a imposição do amortecimento de oscilação postural através coativação neuromuscular e o sistema de controle de circuito fechado capaz de detectar rapidamente o movimento do centro de gravidade. Este sistema de detecção rápido é capaz de corrigir erros e restabelecer o alinhamento vertical (CHENG-FENG et al. 2011).

Simmons (2005) verificou que bailarinos apresentam menor latência de respostas às perturbações do equilíbrio, refletindo um controle mais refinado

dos deslocamentos posturais pelo treinamento físico. O tempo de treinamento é um fator diretamente relacionado com o aperfeiçoamento no padrão de movimento e do equilíbrio das bailarinas (GOLOMER, 2008). Thullier, Moufti (2004) e Golomer et al. (2008) afirmam que quanto maior o tempo de treinamento melhor a qualidade dos movimentos realizados pelas bailarinas, assim, as oscilações e risco de quedas pelo desequilíbrio reduziriam, diminuindo o risco de lesões. Além disso, Grego et al. (1999) consideraram que alterações na estabilidade poderiam provocar compensações posturais e alterações de movimentos ocasionando aumento do estresse articular, resultando em lesões ou recidivas ao submeter seus corpos à situações de grande demanda motora.

Bailarinos são treinados principalmente para mover voluntariamente seus corpos, mantendo a postura correta em situações dinâmicas desafiadoras. Este treinamento lhes dá uma forte representação do equilíbrio e do controle do equilíbrio volitivo, conforme indicado pelo alto desempenho em muitos testes de equilíbrio funcional (GERBINO, 2007; BRUYNEEL, 2010; SIMMONS, 2005, ZHANG, 2008). No entanto, descobertas atuais indicam que isso não se traduz necessariamente em sucesso equivalente quando exposto a perturbações externas ao equilíbrio porque seu treinamento não envolve o controle de equilíbrio reativo à perturbações inesperadas, embora existam exceções dependendo de experiências de treinamento individuais e gênero de dança (DUCAN, 2016).

O controle neural do movimento volitivo e reativo difere de algumas maneiras fundamentais, incluindo a velocidade de reação, o uso de ajustes posturais antecipados e sua modulação em tempo real. Os movimentos volitivos, como os da dança, são mais lentos do que respostas reativas a perturbações externas e, muitas vezes, têm ajustes posturais antecipados altamente desenvolvidos que estão na maior parte ausentes no controle de equilíbrio reativo (DUCAN, 2016, VOYER, 2017).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Investigar a relação entre medidas clínicas e biomecânicas de estabilidade postural e as características e ocorrências de lesões musculoesqueléticas em uma população de bailarinos.

3.2. Objetivos específicos

Em uma população de bailarinos profissionais, pretendemos:

1. Avaliar a funcionalidade dos membros inferiores através de teste de estabilidade postural dinâmica;
2. Estabelecer correlação entre a ocorrência lesões musculoesqueléticas prévias e o desempenho em teste de estabilidade postural dinâmica;
3. Estabelecer a associação entre o desempenho em teste de estabilidade postural dinâmica e a ocorrência subsequente de lesões musculoesqueléticas;
4. Investigar o padrão de coordenação motora adotado durante teste de estabilidade postural dinâmica e verificar a associação entre este padrão, a ocorrência e as características das lesões musculoesqueléticas.

4. JUSTIFICATIVA

O equilíbrio dos bailarinos é um fenômeno complexo que exige avaliação de muitos fatores, incluindo padrões de resposta postural, amplitude de movimento, força, história de lesão e condições ambientais. Embora usualmente utilizados na clínica para avaliação de déficits de equilíbrio, testes como o Romberg, equilíbrio na espuma ou prancha proprioceptiva não desafiam adequadamente o equilíbrio dinâmico (simulando a dança) e não têm a sensibilidade necessária para avaliar os déficits neuromusculares e proprioceptivos, especialmente após um histórico de lesão de extremidades inferiores, nem para determinar o retorno ao desempenho. O desafio entre os pesquisadores da área da saúde relacionada à dança é desenvolver testes de equilíbrio específico, válidos, que sejam sensíveis, eficientes e fáceis de administrar (GLENN et al., 2010).

Bailarinos desenvolvem um alto nível de desempenho em tarefas complexas, dependendo de um adequado controle postural para o desenvolvimento de habilidades durante seus treinamentos. Porém, os

elevados índices de lesões que apresentam encurtam suas carreiras e geram alto custo para as companhias de dança. As análises posturais e biomecânicas recentemente desenvolvidas são importantes ferramentas potenciais para verificar o estado funcional dos movimentos de membros inferiores e compreender como esta população exerce tais habilidades em condições de lesões. Para justificar seu uso e entender as potencialidades de tais ferramentas, se faz necessário verificar o desempenho dessa população durante testes de estabilidade postural e associá-los com lesões prévias e subsequentes, além de investigar o padrão de coordenação empregado por eles.

5. MÉTODOS

5.1. EXPERIMENTO 1

5.1.1. Objetivos específicos

Verificar se a aplicação da avaliação posturográfica em bailarinos durante tarefas específicas da dança possa ser bastante informativa sobre alterações no controle do equilíbrio potencialmente associadas à presença de lesões musculoesqueléticas. Para testar esta hipótese, este estudo investigou se as variáveis posturográficas podem distinguir bailarinos com alta ou baixa ocorrência de lesões. Especificamente, a associação entre descritores de deslocamento postural adquiridos em posições comuns e específicas de ballet e a ocorrência de lesões musculoesqueléticas em bailarinos profissionais.

5.1.2. Desenho de estudo

Estudo observacional transversal

5.1.3. Amostra

Para este estudo, uma amostra conveniente de 14 bailarinos profissionais (2 homens) foi recrutada em uma Companhia de Ballet do Estado do Rio de Janeiro, com (média $\pm$ DP) 28 ± 10 anos, 164 ± 6 cm de estatura e $54,6 \pm 9,7$ kg de massa corporal. O tempo médio de prática de *ballet* foi de 21 ± 10 anos. Aqueles que relataram disfunções vestibulares, psicopatologias, doenças crônicas, estavam grávidas ou apresentavam alguma condição musculoesquelética que impedisse a participação nos procedimentos não foram incluídos no estudo. Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento informado. Um comitê de ética local aprovou todos os procedimentos propostos na presente investigação (número 0030.0.307.000-11).

5.1.4. Procedimentos

O risco de distúrbios musculoesqueléticos foi determinado com base no número de queixas musculoesqueléticas prévias dos membros inferiores ocorridas aos 6 meses anteriores à avaliação postural, relatadas por meio de anamnese, conforme descrito em COSTA et al (2015) e MELLO et al (2017). Com base nesse critério, os bailarinos foram agrupados em um grupo de alto

risco (aqueles com 2 ou mais queixas; N = 5) ou em um grupo de menor risco (aqueles com nenhuma ou uma única queixa; N = 9).

O voluntário foi posicionado sobre uma plataforma de força, descalço, de frente para uma parede 1m à frente deles. Eles foram instruídos a realizar três tarefas: (i) postura unipodal com a perna dominante autorreferida, com os olhos abertos; (ii) postura unipodal com os olhos fechados – para ambas as posturas, o membro suspenso deve ser posicionado com um joelho fletido a cerca de 90 graus, e seus braços devem se estender livremente ao longo de seu corpo; (iii) manter uma postura *passé en demi-point*, com os olhos abertos, e os braços posicionados na primeira postura, correspondentes ao assumido no movimento de pirueta (*passé*) (Imura e Yeadon, 2010); um bailarino experiente (MCM) verificou a postura correta em todas as tarefas. Os voluntários foram solicitados a permanecer em pé o maior tempo possível em cada tarefa. Três ensaios foram realizados para cada tarefa, com intervalo de 1min entre elas. Trinta e cinco segundos foram adquiridos durante ambas as posições de perna única, enquanto 25 s foram registrados para postura de gestual do *ballet*; no entanto, os últimos 20 s de cada tarefa foram usados para análise.

5.1.5. Aquisição e processamento de dados

Durante a avaliação postural, as coordenadas do centro de pressão (COP) dos pés foram adquiridas através de uma plataforma de força (AccuSwayPLUS, AMTI, EUA) em uma frequência de amostragem de 1000Hz, sendo amostradas em 100Hz para posterior análise. Os dados foram filtrados low-pass (Butterworth de 2ª ordem com frequência de corte de 2,5Hz) e as seguintes variáveis foram calculadas: (i) desvio padrão nas direções médio-lateral (SDML) e ântero-posterior (SDAP), usando como medida muitas vezes e quão grande era o deslocamento do COP; (ii) trajetória total (amplitude) na direção medial-lateral (RAML) e ântero-posterior (RAAP) – para uma duração de série temporal fixa, como no presente caso (20s), a variação da COP corresponde à sua velocidade em cada direção (PRIETO et al., 1996). O valor médio dos três ensaios foi utilizado para posterior análise estatística.

5.1.6. Estatísticas

Dado que a maioria das distribuições dos descritores de balanço postural está de acordo com a distribuição gaussiana (Shapiro-Wilk's $P > 0,072$), as comparações entre grupos foram avaliadas através do teste t paramétrico de Welch para distribuições desiguais de tamanho de amostra. O tamanho do efeito correspondente (d) também foi obtido. O limiar estatístico corrigido para comparações múltiplas foi estabelecido em 1%. Além disso, calculou-se o coeficiente de correlação de Spearman e seu intervalo de confiança (IC) de 95%, utilizando o número de queixas musculoesqueléticas e as medidas derivadas da oscilação postural como variáveis dependentes e independentes, respectivamente. Spearman foi escolhido porque (i) uma das variáveis era de origem ordinal (número de queixas) e (ii) não havia suposições sobre a relação entre variáveis (por exemplo, linear ou assintótica; SIEGEL, 1957), o que parece ser adequado para uma investigação exploratória. Todas as estatísticas foram executadas no ambiente JASP 0.8.6 (JASP Team 2018, Holanda).

5.2. EXPERIMENTO 2

5.2.1. Objetivos específicos

Investigar a avaliação do risco de lesão musculoesquelética em bailarinos profissionais por meio do YBT e descrever o efeito da dominância dos membros inferiores e do sexo no desempenho do YBT e nas características do deslocamento postural.

5.2.2. Desenho do estudo

Estudo de coorte prospectivo do tipo longitudinal.

5.2.3. Amostra

Para este estudo prospectivo de coorte longitudinal, uma amostra conveniente de 27 bailarinos profissionais (11 mulheres; média $\pm$ DP, 41 $\pm$ 9 anos, 169 $\pm$ 13 cm de altura, 65,0 $\pm$ 0,1 kg de peso, tempo médio de prática profissional de 28 $\pm$ 10 anos) de uma companhia contemporânea de balé. Foram excluídos do estudo aqueles que relataram disfunções vestibulares, psicopatologia, doenças crônicas, gestantes, que realizavam outra atividade física profissionalmente ou apresentavam qualquer condição osteomioarticular que impedisse a participação nos procedimentos. Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento informado (APÊNDICE 1). Um comitê de ética local aprovou todos os procedimentos propostos nesta investigação (96746618.3.0000.5235).

5.2.4. Aplicação do questionário

Juntamente com as características sociodemográficas e antropométricas, o número de lesões osteomioarticulares anteriores que ocorreram dentro de 6 meses antes da inscrição neste estudo foi obtido por meio de uma anamnese. Os participantes foram solicitados a relatar todas as lesões anteriores que resultaram em uma interrupção temporária das rotinas de dança.

5.2.5. Star Excursion Balance Test / Y- Balance Test

O comprimento dos membros dos participantes foi medido antes do procedimento do Y Balance Test (YBT), considerando a distância entre a espinha ilíaca anterior superior e a porção distal de cada maléolo medial

(FULLAM et al., 2014). Os participantes ficam descalços no Wii Balance Board, com o hálux posicionado na borda da plataforma com os braços posicionados livremente. Eles foram solicitados a chegar o mais longe possível com um membro predeterminado (por exemplo, um esquerdo), enquanto o outro membro (direito) permanece no tabuleiro. A tarefa foi realizada para cada direção do YBT, denominada anterior (ANT), posterior-lateral (PL) e posterior-medial (PM; Fig. 1A) de maneira randomizada. A distância máxima alcançada foi determinada como o ponto em que o pé tocou a régua de 1,5m colocada adjacente à prancha. Quatro ensaios foram realizados por uma questão de familiarização, seguidos por três ensaios válidos de 16 segundos usados para análise, com pelo menos 30 segundos de descanso. Cada tarefa iniciou e terminou com a emissão de uma sugestão verbal. As distâncias de YBT obtidas foram calculadas em média e expressas como uma porcentagem do comprimento do membro.

O nível de risco para lesão musculoesquelética foi determinado por dois critérios bem estabelecidos. Primeiro, foram computadas as diferenças entre membros na distância anterior YBT Δ -YBT_{ANT}, e o valor de corte de 4cm, foi usado para classificar os participantes em baixo risco (Δ -YBT_{ANT} <4cm) e alto risco (Δ -YBT_{ANT} $\geq$ 4cm). O cálculo composto de YBT foi baseado no trabalho de Plisky et al (2006), através da equação $YBT_{COMP} = [(ANT + PL + PM) / 3 * L] * 100$, com ANT, PL e PM referentes às distâncias alcançadas em cada direção, L correspondente ao comprimento do membro inferior e todas as medidas tomadas em centímetros. Os critérios para classificação do risco de lesão foram 90% (homens) e 94% (mulheres) do membro correspondente.

5.2.6. Aquisição e processamento de dados

As coordenadas do centro de pressão (COP) foram adquiridas através de um Wii Balance Board (Nintendo Co Ltd, Japão). Os dados do COP foram transmitidos para um computador portátil usando sistemas sem fio Bluetooth e um programa personalizado escrito em LabView (National Instruments, EUA). O Wii Balance Board foi calibrado de acordo com as recomendações do fabricante. A frequência de amostragem foi de aproximadamente 50Hz e reamostrado usando o SWARII. As coordenadas da CP em cada direção

ântero-posterior e medial-lateral foram convertidas em distâncias radiais e normalizadas como a porcentagem do deslocamento médio desde o primeiro segundo de cada aquisição. Do balanço postural normalizado, o desvio padrão (DP; a raiz quadrada das diferenças quadráticas médias da média), velocidade média (VM, comprimento do balanço dividido pela duração total da aquisição) e regularidade temporal, em termos de entropia da amostra (SE, usando os parâmetros $k = 1$, $r = 0,25$ em $= 4$) foram computados no ambiente Matlab (The MathWorks, EUA).

5.2.7. Análise estatística

As diferenças de gênero foram avaliadas pelo teste t de Welch para medidas independentes. Um modelo misto ANOVA foi aplicado para cada vetor de dados, considerando o gênero como fator independente, juntamente com a direção do YBT e a dominância do membro como fatores repetidos. O pós-teste correspondente foi aplicado quando necessário e o eta-quadrado (η^2) foi calculado como medida do tamanho do efeito. O teste do qui-quadrado para independência foi aplicado para a análise da distribuição dos participantes nas categorias de gênero e nível de risco, juntamente com sua medida de tamanho de efeito, coeficiente de Phi. As análises de correlação do coeficiente de Pearson foram realizadas nas medidas de distâncias YBT e nas variáveis de balanço postural direção-correspondente, e o intervalo de confiança (IC) de 95% do coeficiente também foi calculado. O limiar estatístico foi estabelecido em 5%. As análises foram realizadas no ambiente JASP versão 0.10.2 (The JASP Team 2019, University of Amsterdam, Netherlands).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção de Resultados e Discussão será organizada na forma de apresentação dos dois manuscritos que compõem a tese, seguindo a organização descrita abaixo.

O primeiro manuscrito a ser apresentado, intitulado “*Posturography measures in specific ballet stance position discriminate ballet dancers with different occurrences of musculoskeletal injuries*”, foi submetido e está em fase de revisão na revista *Journal of Dance Medicine and Science*. Esse artigo diz respeito aos resultados obtidos no Experimento 1.

O segundo manuscrito a ser apresentado corresponde ao texto “*Dynamic balance test performance in ballet dancers: risk evaluation and postural control characteristics regarding gender and limb dominance*”, a ser submetido à revista *Medical Problem of Performing Artists*. Esse artigo diz respeito aos resultados do Experimento 2.

6.1. Manuscrito 1

ORIGINAL ARTICLE

Posturography measures in specific ballet stance position discriminate ballet dancers with different occurrences of musculoskeletal injuries

Michelle Costa¹, MSc, Arthur S. Ferreira¹, DSc, Lilian R. Felicio², DSc, Pedro Emerson, MSc¹ and Thiago Lemos¹, DSc

¹Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Rio de Janeiro, Brasil; ²Faculdade de Educação Física e Fisioterapia – FAEFI, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Address correspondence to:

Prof. Thiago Lemos, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brasil CEP 21032-060. Phone +55 21 3882-9797, extension 2012.

e-mail: lemostdc@gmail.com

Acknowledgments

The author thanks all the ballet dancers for their time and effort. This study was financed by the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES; finance code 001).

Conflict of interest statement

The authors declare no funding or conflicts of interest related to this study.

Abstract

The aim of the study is to identify posturography variables able to distinguish ballet dancers with high- or low-occurrence of musculoskeletal injuries. Fourteen professional ballet dancers were allocated in a high-occurrence group ($N=5$, those with more than two reports of injuries in the previous 6 months) and low-occurrence group ($N=9$, those with none or a single report). Center-of-pressure (COP) was acquired through a force platform during the following tasks: single leg stance/eyes open; single leg stance/eyes closed; and demi-pointe stance, with eyes open. The average of three valid trials was used for analysis. COP standard deviation and range in both medial-lateral (SD_{ML} and RA_{ML}) and anterior-posterior (SD_{AP} and RA_{AP}) directions were estimated. Between-group comparisons were made using Welch's t -tests for unequal sample size, and corresponding effect size (d) was computed. Spearman's rho was calculated between the number of musculoskeletal injuries and the COP variables. Statistical threshold was set at 1%. Between-group effect was found only for the demi-pointe stance, with large effects for SD_{ML} ($P=0.006$, $d=1.7$), RA_{AP} ($P=0.006$, $d=1.7$), and RA_{ML} ($P=0.005$, $d=1.7$). Correlation analysis showed an inverse relationship between the number of musculoskeletal injuries and demi-pointe's COP range in both directions (Spearman's ρ from -0.681 to -0.726, $P<0.007$). In summary, COP measures taken in ballet-specific positions are able to distinguish dancers with high- or low-occurrence of musculoskeletal injuries. Suggestions are made to include ballet-specific tasks in the preseason risk assessment of professional dancers.

Keywords: balance test, injury prevention, ballet dancers.

INTRODUCTION

Ballet and contemporary dancers stand out for their astonishing aesthetic and technical skills. In recent years, the similarities between dance and sports athletics' routine has though being highlighted in terms of extreme psychological and physical demand of their routine and of modern choreographies¹ given its high-intensity, intermittent nature.^{2,3} Probably as a consequence of the physical and psychological stress related to dancers routine, these individuals are exposed to incidence of musculoskeletal injuries as higher as 1-4 injuries per 1000 hours of practice,^{4,5} mostly on lower limb joints.^{5,6} Such an injury pattern sustained for long periods has an negative impact on dancer's health and careers.

The design of risk of injury assessments and its management has being a major concern for dance medicine experts and stakeholders.^{7,8} As in athletic and sports environment,⁹ screenings tests aiming for injury risk have being included in the daily routine of dancers.^{7,8,10} Based on the injuries pattern of dance practitioners,^{5,6} it is not surprising that lower limb assessment, mostly in terms of dynamic stability tests, receives more attention from medical and scientific community.^{10,11,12} In fact, variations of single-leg stance and the Star Excursion Balance Test or its short version, the Y Balance Test, have been already applied in ballet dancers, showing moderate to excellent reliability for injury risk screening.¹²

Nevertheless, the utility of the information provided by such tests applied in dancers is uncertain.¹³ For example, dancers showed no difference in overall performance in Star Excursion Balance Test between previously injured versus non-injured lower limb¹⁴ noteworthy, dancers showed even higher performance in the composite scores of Y Balance Test, comparing with athletes from a variety of sports.¹⁵ The most relevant evidence from the utility of such tests come from studies showing that dynamic stability tasks were moderate-to-strongly related to the hip angle in functional or ballet movement-related 'turnouts', or hip external rotation,^{16,17} an important index of injury risk in this population.¹⁸ Indeed, as Armstrong and Relph¹⁰ concluded in their extensive research, evidences points to dance-specific positions as useful tasks to test for injury risk.

Posturography with force platform is an objective and reliable manner to evaluate postural control.¹⁹ Postural assessment through force platform have been extensively used for the investigation of balance control in those with musculoskeletal injuries (reviewed in ²⁰). For example, evidence showed that postural sway during single-leg stance is higher in those sustained a lower limb injury compared to those without injury^{21,22}, markedly in the dominant limb.²¹ Posturographic assessment has been useful also for post-arthroscopy evaluation in those with reconstructed lateral ankle ligaments: after 6 months of surgery, postural sway during eyes closed condition is reduced in the operated limb, in comparison with the pre-operative period.²³

Based on this background, it is possible to suggest that application of posturographic assessment in dancers during dance-specific tasks could be quite informative about changes in balance control potentially associated with the presence of musculoskeletal injuries. To test this hypothesis, this study investigates whether posturography variables can distinguish ballet dancers with high- or low-occurrence of musculoskeletal injuries. Specifically, we investigated the association between postural sway descriptors acquired in ordinary and ballet-specific positions, and the occurrence of musculoskeletal injuries in professional dancers.

METHODS

Participants

For this cross-sectional design study, a convenient sample of 14 professional ballet dancers (2 males) was recruited from local companies. They were aged (mean $\pm$ SD) 28 ± 10 years and show 164 ± 6 cm height and 54.6 ± 9.7 kg weight. Average time of ballet practice was 21 ± 10 years. Those who reported vestibular dysfunctions, psychopathologies, chronic illness, was pregnant or showed any musculoskeletal condition that preclude participation in the procedures were not included in the study. All volunteers signed a write informed consent. A local ethical committee approved all procedures proposed in the present investigation (number 0030.0.307.000-11).

Injury assessment

The number of previous lower limb musculoskeletal injuries occurred at 6 months previous to enrollment in this study was computed through an anamnesis as described previously.²⁴ Briefly, dancers were asked about the occurrence and number of previous injuries, its type (traumatic, overuse or “unknow”) and body’s location; participants should report all previous injuries that had result in temporary interruption from dance routine.²⁴ Based on this criterion, dancers were grouped in a high-occurrence group (those with 2 or more injuries; $N=5$) or in a lower-occurrence group (those with none or a single injury; $N=9$).

Procedures

The volunteers were positioned over a force platform, barefoot, facing a wall 1m ahead of them. They were instructed to randomly perform three tasks: (i) single leg stance with the self-reported dominant leg, with eyes open; (ii) single leg stance with eyes closed — for both stances, the suspended limb should be positioned with a knee flexed at about 90 degrees, and their arms should ranging freely along their body; (iii) maintain a *passé en demi-pointe* stance, with the eyes open, and the arms positioned in the first posture, correspondent to that assumed in the *pirouette (passé)* movement.²⁵ Eyes conditions were tested based on previous investigations about the relevance of visual information for postural control in dancers’ and previously injured subjects.^{23,24} An experienced dancer check for correct posture in all tasks. Volunteers were asked to stand still as possible in each task. Three trials were performed for each task, with 1min interval in-between. COP data was acquired for 35s during both single leg stances and 25s for demi-pointe stance; the last 20s of each trial were used for analysis. The average value of the three trials was used for subsequent statistical analysis.

Data acquisition and processing

During postural assessment, feet center-of-pressure (COP) coordinates were acquired through a force platform (AccuSway^{PLUS}, AMTI, USA) at a sample frequency of 1000Hz, being down-sampled to 100Hz for further analysis. Data were low-pass filtered (2nd order Butterworth with 2.5Hz cutoff

frequency) and the following variables were computed: (i) standard deviation (the square root of COP displacement variance) in medial-lateral (SD_{ML}) and anterior-posterior direction (SD_{AP}), using as a measure of how often and how large was COP displacement; (ii) total range (sum of the distance between consecutive COP samples) in medial-lateral (RA_{ML}) and anterior-posterior direction (RA_{AP}). For a time-series with fixed duration, as in the present case (20s), the COP range is proportional to its velocity in each direction.²⁶

Statistics

Given that most of postural sway descriptors' distributions injuries with Gaussian distribution (Shapiro-Wilk's $P > 0.072$), comparisons between groups were assessed through the parametric Welch's t -test for unequal sample size distributions. Corresponding effect size (d) was also obtained. Statistical threshold corrected for multiple comparisons was set at 1%. Additionally, the Spearman's correlation coefficient and its 95% confidence interval (95%CI) were computed for the number of musculoskeletal injuries and the posturography-derived variables. Spearman's coefficient was chosen because (i) one of the variables was ordinal in origin (number of injuries) and (ii) there was no assumption regarding the relationship between variables (e.g., linear or asymptotic),²⁷ which make this test suited for an exploratory investigation. All statistics were run in JASP 0.8.6 environment (JASP Team 2018, The Netherlands).

Results

There were no significant differences in demographic or anthropometric measures between the high- vs. low-occurrence group regarding age (36 ± 9 vs. 24 ± 10 years, $t = 2.405$, $P = 0.038$, $d = 1.316$), body mass (50 ± 5 vs. 57 ± 11 kg, $t = -1.188$, $P = 0.275$, $d = 0.687$), or body height (162 ± 7 vs. 166 ± 5 cm, $t = -1.736$, $P = 0.109$, $d = 0.871$).

Group analysis revealed a significant difference solely in the demi-pointe stance, with large effects for SD_{ML} ($P = 0.006$, $d = 1.676$; Fig. 1A), RA_{ML} ($P = 0.005$, $d = 1.741$; Fig. 1B), and RA_{AP} ($P = 0.006$, $d = 1.734$; Fig. 1C). As showed in Figure 1, these differences refer to the lower amplitude and range of COP

displacement in the high- compared with low-occurrence group. COP variables acquired during single-leg stances, irrespective of eyes conditions, were not able to distinguish high- from low-occurrence ballet dancers (Table 1).

Spearman's correlation analysis applied for COP range in both directions, obtained for demi-pointe stance, showed a significant inverse relationship with the self-reported number of musculoskeletal injuries (RA_{ML} $\rho=-0.726$, $P=0.003$, 95% CI -0.318 to -0.907, Fig. 2A; RA_{AP} $\rho=-0.68$, $P=0.007$, 95% CI -0.235 to -0.890, Fig. 2B). Conversely, there was no significant correlation between musculoskeletal injuries and COP SD for any direction (all $P>0.01$).

Table 1. Postural sway descriptors for the three conditions (single-leg eyes open and closes and demi-pointe) for the low- and high-occurrence group.

	low- occurrence (N=9)	high- occurrence (N=5)	t-value	P-value	Cohen's d
<i>SL eyes open</i>					
SD_{ML}	3.17±0.75	2.88±0.54	-0.828	0.425	0.440
SD_{AP}	4.64±0.84	3.48±0.80	-2.551	0.032	1.414
RA_{ML}	18.21±4.99	15.94±3.11	-1.047	0.316	0.546
RA_{AP}	24.97±4.96	19.04±2.52	-2.963	0.012	1.507
<i>SL eyes closed</i>					
SD_{ML}	8.06±2.39	7.28±0.96	-0.857	0.409	0.426
SD_{AP}	10.12±2.31	8.74±0.72	-1.659	0.127	0.809
RA_{ML}	54.54±19.34	43.90±8.01	-1.443	0.176	0.719
RA_{AP}	63.63±21.17	53.10±10.01	-0.849	0.232	0.636
<i>Demi-pointe</i>					
SD_{ML}	4.86±1.21	3.38±0.29	-3.483	0.006	1.676
SD_{AP}	6.16±2.60	3.60±0.51	-2.853	0.019	1.365
RA_{ML}	29.16±8.34	18.66±1.76	-3.632	0.005	1.741
RA_{AP}	31.60±10.68	18.30±1.87	-3.636	0.006	1.734

SL, single-leg. SD and RA in millimeters. Data showed as mean ±SD.

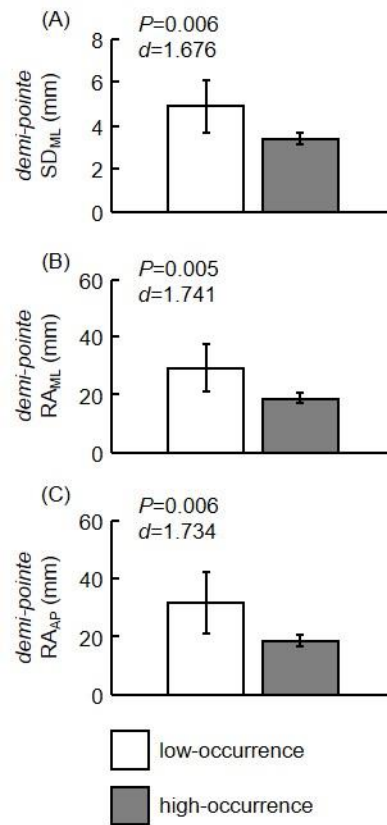


Figure 1. Postural sway descriptors acquired during demi-pointe ballet position. COP SD_{ML} (A) RA_{ML} (B) and RA_{AP} (C) are showed as mean $\pm$ SD for the low- (white bars) and high-occurrence groups (gray bars). Corresponding *P*-value and effect size (*d*) is also show as inset.

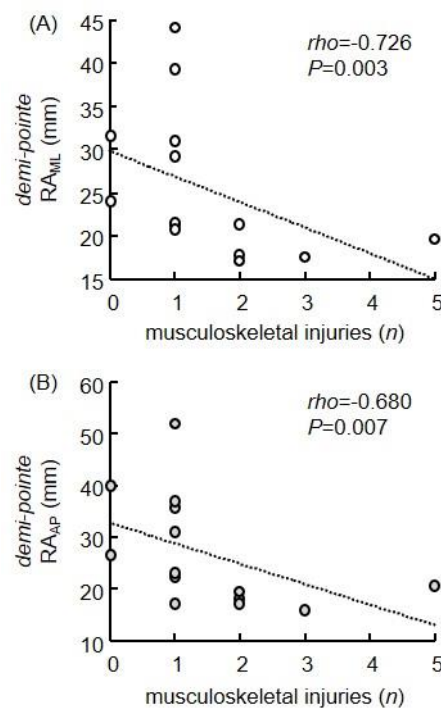


Figure 2. Association between the amount of musculoskeletal injuries (n) and postural sway variables. Scatter plots are showed for RA_{ML} (A) and RA_{AP} (B), using grouped data ($N=14$). Corresponding Spearman's correlation coefficients (ρ) and P -values is showed as inset. Linear regression line (dotted black lines) was also showed to highlight variables' relationship.

DISCUSSION

The aim of the study was to investigate whether postural sway descriptors could be useful to distinguish professional ballet dancers with high- and low-occurrences of musculoskeletal injuries. The results show that restricted patterns of postural sway in these dancers—defined as a small amplitude and range profiles of COP displacement—are related to a higher number of musculoskeletal injuries. Remarkably, these patterns are observed only when the participants were tested in a dance-specific stance, highlighting the fact that just standing upright, even with a single leg, were not challenging enough for those with a large experience in ballet dance.

In our study, the demi-pointe pose was used as dance-specific stance, being compared with the already challenging single leg stance. Interestingly, the comparison of dancers with higher or lower occurrences of musculoskeletal injuries results in significant differences in postural sway descriptors solely in

this posture, which corroborates Armstrong and Relph¹⁰ suggestion that dance-specific positions are probably a more useful way to screen for injury risk in this population. The reason for this task dependency remains unclear though. The demi-pointe pose is characterized by a very narrow contact with the support surface, even when compared with the single leg stance. Adopting a demi-pointe position challenge the dancers because it requires a higher level of foot and ankle strength and flexibility.²⁸ Indeed, Nolan and Kerrigan²⁹ observed higher postural sway stochastic activity in health individuals when they assume an full toe-standing, which is suggestive of increases neuromuscular activation during this task. Additionally, the overall modification in body's center of mass distribution and the increased contribution of the forefoot for the maintenance of demi-pointe stance could be enough to impose a greater demand to the postural control system, such that changes in coordination associated with musculoskeletal injuries became evident.

Previous investigations about the utility of screening tests to identify potential musculoskeletal injury's contributor in dancers has found conflicting results. Dynamic balance tests, such as Star Excursion Balance Test and Y Balance Test, provides no consistent information regarding the risk of musculoskeletal injuries in dancers.^{13–15} On the other hand, measures of dance-specific joint mobility, such as the active external hip rotation (turnouts) range, has being identified as a potential 'markers' of injury risk in professional and collegiate level dancers.^{16–18} Interesting results come from the work of Hiller et al.,³⁰ who found the leg lateral motion during demi-pointe position was smaller in dancers showing ankle functional instability, compared with healthy control. Demi-pointe stability performance, however, is not a significant factor account for the difference between non-dancers with and without lateral ankle sprain,³¹ reinforcing the idea that applying ballet poses to screening tests is specifically useful for dancers only. Altogether, our findings add that specific dance features and context, such as joint range of motion and measures of stability during ballet postures, seems to be carry reliable information to discriminate those more prompt to musculoskeletal injuries.

The fact that those with higher occurrence of musculoskeletal injuries exhibit a smaller postural displacement is quite intriguing considering the usual interpretation that larger displacement equals a worse balance control (see a

discussion about this issue in Russo et al.³²). This conception, however, has been challenging recently, and a dynamic account for the postural control sustain that changes in postural sway reflect the motor system's adaptive capability to adjust its output to the demands of environment, individual and task.^{33,34,35} Based on our findings, we may argue that either in the presence of musculoskeletal injury ballet dancers adopt a 'restricted' control strategy, or that those dancers with a restricted pattern of postural sway are more prompt to suffer a musculoskeletal injury. Former investigations have found evidences of a 'rigid' postural control pattern in individuals with previous report of musculoskeletal injuries,^{36,37} which could be attributed to an increased apparent stiffness of major joints contributing to stance control.³⁷ Further investigations could be helpful to unravel the relationship between joint-level kinematics strategies and musculoskeletal injuries in ballet dancers.

Limitations of this study include the use of a self-report injury questionnaire and a small sample size. Although self-reported injury questionnaires could be affected by recall bias, this tool has an agreement ratio of 78 to 100% regarding injury status and some of its features.³⁸ The small number of ballet dancers' participating in this study is already expected, given the high-level expertise of the dancers and their schedule, which preclude a larger sample to be tested in an off-stage, laboratory environment. Nevertheless, the criteria applied to separate the sample of ballet dancers were robust enough to provide information regarding differences in postural control between those susceptible to musculoskeletal injuries; indeed, strong effects size were found ($d > 1.0$) for all the significantly different variables. Additionally, post-hoc power analysis using the present study sample size, effect size and statistical design, provides a $1-\beta$ probability of 0.81 (G*Power 3.1.9.2, University of Kiel, Germany), considered highly satisfactory. Finally, a gold standard method was used for postural sway measurement and analysis, providing a precise and reliable description of neuromuscular adjustments adopted during postural tasks.¹⁹

In summary, posturography descriptors during dynamic balance tests seems to be more effective for the identification of professional ballet dancers with musculoskeletal injuries when it is performed at specific ballet contexts,

where the fundamental skills needed to execute complex patterns of movement are required.

References

1. Koutedakis Y, Jamurtas A. The dancer as a performing athlete: physiological considerations. *Sports Med.* 2004; 34:651–661.
2. Cohen JL, Segal KR, Witriol I, McArdle WD. Cardiorespiratory response to ballet exercise and the VO₂max of elite ballet dancers. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14:212–217.
3. Schantz PG, Astrand PO. Physiological characteristics of classical ballet. *Med Sci Sports Exerc.* 1984; 16:472–476.
4. Allen N, Nevill A, Brooks J, Koutedakis Y, Wyon M. Ballet injuries: injury incidence and severity over 1 year. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012; 42:781–790. doi:10.2519/jospt.2012.3893.
5. Smith PJ, Gerrie BJ, Varner KE, MC Culloch PC, Lintner DM, Harris JD. Incidence and prevalence of musculoskeletal injury in ballet. a systematic review. *Orthop J Sports Med.* 2015; 3:2325967115592621. doi:10.1177/2325967115592621.
6. Costa MS, Ferreira AS, Orsini M, Silva EB, Felicio LR. Characteristics and prevalence of musculoskeletal injury in professional and non-professional ballet dancers. *Braz J Phys Ther.* 2016; 20:166–175. doi:10.1590/bjpt-rbf.2014.0142.
7. Liederbach M. Perspectives on dance science rehabilitation understanding whole body mechanics and four key principles of motor control as a basis for healthy movement. *J Dance Med Sci.* 2010; 14:114–124.
8. Russell JA. Preventing dance injuries: current perspectives. *Open Access J Sports Med.* 2013; 4:199–210. doi:10.2147/OAJSM.S36529.
9. Cook G. Movement: functional movement systems screening, assessment, corrective strategies, 1st ed. Aptos, CA; On Target Publications, 2006.
10. Armstrong R, Relph N. Screening tools as a predictor of injury in dance: systematic literature review and meta-analysis. *Sports Med Open.* 2018; 4:33. doi:10.1186/s40798-018-0146-z.

11. Dallinga JM, Benjaminse A, Lemmink KA. Which screening tools can predict injury to the lower extremities in team sports? A systematic review. *Sports Med.* 2012; 42:791–815. doi:10.2165/11632730-000000000-00000.
12. Kenny SJ, Palacios-Derflingher L, Owweye OBA, Whittaker JL, Emery CA. Between-day reliability of pre-participation screening components in pre-professional ballet and contemporary dancers. *J Dance Med Sci.* 2018; 22:54–62. doi:10.12678/1089-313X.22.1.54.
13. Wilson M, Batson G. The m/r SEBT: development of a functional screening tool for dance educators. *Med Probl Perform Art.* 2014; 29:207–215. doi:10.21091/mppa.2014.4042.
14. Batson G. Validating a dance-specific screening test for balance: preliminary results from multisite testing. *Med Probl Perform Art.* 2010; 25:110–115.
15. Cole H, McGivern J, Morejon A, Sudol T. The performance of dancers on the lower quadrant Y balance test. New York, NY; CUNY Academic Works, 2014.
16. Filipa AR, Smith TR, Paterno MV, Ford KR, Hewett TE. Performance on the Star Excursion Balance Test predicts functional turnout angle in pre-pubescent female dancers. *J Dance Med Sci.* 2013; 17:165–169.
17. Hopper LS, Sato N, Weidemann AL. Single-leg squats can predict leg alignment in dancers performing ballet movements in “turnout”. *Open Access J Sports Med.* 2016; 7:161–166.
18. Negus V, Hopper D, Briffa NK. Associations between turnout and lower extremity injuries in classical ballet dancers. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005; 35:307–318.
19. Visser JE, Carpenter MG, van der Kooij H, Bloem BR. The clinical utility of posturography. *Clin Neurophysiol.* 2008; 119: 2424-2436.
20. Grassi A, Alexiou K, Amendola A, Moormen CT, Samuelsson K, Ayeni OR, Zaffagnini S, Sell T. Postural stability deficit could predict ankle sprains: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018; 26:3140-3155.
21. Holder-Powell HM, Rutherford OM. Unilateral lower-limb musculoskeletal injury: its long-term effect on balance. *Arch Phys Med Rehab.* 2000; 81:265-268.

22. Chen H, Li HY, Zhang J, Hua YH, Chen SY. Difference in postural control between patients with functional and mechanical ankle instability. *Foot Ankle Int.* 2014; 35: 1068-1074.
23. Li HY, Zheng JJ, Zhang J, Cai YH, Hua YH, Chen SY. The improvement of postural control in patients with mechanical ankle instability after lateral ankle ligaments reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016; 24: 1081-1085.
24. de Mello MC, de Sá Ferreira A, Ramiro Felicio L. Postural control during different unipodal positions in professional ballet dancers. *J Dance Med Sci.* 2017; 21:151–155. doi:10.12678/1089-313X.21.4.151.
25. Imura A, Yeadon MR. Mechanics of the Fouetté turn. *Hum Mov Sci.* 2010; 29:947–955. doi:10.1016/j.humov.2010.08.002.
26. Prieto TE, Joel B, Hoomann RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1996; 43:956–966.
27. Siegel S. Nonparametric statistics. *Am Stat.* 1957; 11:13–19.
28. Clippinger KS. Dance anatomy and kinesiology. Champaign, IL; Human Kinetics, 2006.
29. Nolan L, Kerrigan DC. Postural control: toe-standing versus heel-toe standing. *Gait Posture.* 2004; 19:11–15.
30. Hiller CE, Refshauge KM, Beard DJ. Sensorimotor control is impaired in dancers with functional ankle instability. *Am J Sports Med.* 2004; 32:216–223.
31. Pourkazemi F, Hiller C, Raymond J, Black D, Nightingale E, Refshauge K. Using balance tests to discriminate between participants with a recent index lateral ankle sprain and healthy control participants: a cross-sectional study. *J Athl Train.* 2016; 51:213–222. doi:10.4085/1062-6050-51.4.11.
32. Russo M, Lemos T, Imibiriba LA, Ribeiro NL, Vargas CD. Beyond deficit or compensation: new insights on postural control after long-term total visual loss. *Exp Brain Res.* 2017; 235:437–446. doi:10.1007/s00221-016-4799-x.
33. Van Emmerik R, van Wegen EE. On the functional aspects of variability in postural control. *Exerc Sport Sci Rev.* 2000; 30:177–183.

34. Haddad JM, Rietdyk S, Claxton LJ, Huber JE. Task-dependent postural control throughout the lifespan. *Exerc Sport Sci Rev*. 2013; 41:123–132. doi:10.1097/JES.0b013e3182877cc8.
35. Carpenter MG, Murnaghan CD, Inglis JT. Shifting the balance: evidence of an exploratory role for postural sway. *Neuroscience*. 2010; 171:196–204. doi:10.1016/j.neuroscience.2010.08.030.
36. Terada M, Kosik K, Johnson N, Gribble P. Altered postural control variability in older-aged individuals with a history of lateral ankle sprain. *Gait Posture*. 2018; 60:88–92. doi:10.1016/j.gaitpost.2017.11.009.
37. Hirata RP, Skou ST, Simonsen O, Rasmussen S, Laursen M, Graven-Nielsen T. Increased postural stiffness during challenging postural tasks in patients with knee osteoarthritis with high pain sensitization. *Clin Biomech*. 2019; 61:129–135. doi:10.1016/j.clinbiomech.2018.12.004.
38. Gabbe BJ, Finch CF, Bennell KL, Wajswelner H. How valid is a self reported 12 month sports injury history? *Br J Sports Med*. 2003; 37:545–547.

6.2. Manuscrito 2

ORIGINAL ARTICLE

Dynamic balance test performance in ballet dancers: risk evaluation and postural control characteristics regarding gender and limb dominance

Michelle Costa¹, Arthur S. Ferreira¹, Thiago Lemos^{1*}

¹Graduate Program in Rehabilitation Sciences, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Rio de Janeiro, Brazil

*Corresponding author: Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM, Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brasil CEP 21032-060. Phone +55 21 3882-9797, extension 2012.
e-mail: lemostdc@gmail.com

Acknowledgments

This study was financed by the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES; finance code 001).

Abstract

Objective: To provide information about dynamic balance tests used in musculoskeletal risk assessment in dancers, the aim of the study was to investigate the Y Balance Test (YBT) performance in professional dancers, in terms of risk evaluation and postural control characteristics. **Methods:** Twenty-seven professional dancers were evaluated in the prospective longitudinal cohort study. They report previous injuries through a specific questionnaire. YBT was performed under a force platform, which acquired the coordinates of feet center of pressure (COP) for each direction and limb. COP was then converted to radial distances (RD) and normalized by the first second of signal time series. From the RD the standard deviation, mean velocity and sample entropy was computed. A mixed model ANOVA was applied to check for differences in YBT directions, limb dominance and gender. Statistical threshold as set at 5%. **Results:** Larger YBT distances were found for posterior directions (ANOVA $P<0.001$) and females ($P=0.009$). Most of the dancers were classified as low-risk of musculoskeletal injury considering either between-limb difference in YBT anterior distances (85%) or YBT composite score (100%), with no gender differences in this distribution (chi-square test $P=0.131$). Postural sway significantly differs between directions, limbs and gender. Postural sway amplitude was larger for the non-dominant limb of the females, specifically for the posterior-lateral direction, sway velocity was lower in anterior compared to posterior-lateral and posterior-medial directions ($P<0.026$). Postural sway temporal regularity was lower in anterior direction compared with posterior ones ($P<0.001$) with females exhibiting lower regulatory than males ($P=0.010$). **Conclusion:** YBT seems to have low sensitivity to identify professional dancers with higher-risk of injury, regardless the criteria used for classification. Additionally, gender had marked differences in YBT performance and postural sway measures. The clinical utility of dynamic balance test for professional dancers should be clarified, and considerations about gender should be taken into account when preseason injury risk assessment was done.

Key-words: functional performance, ballet dancers, postural balance

1. Introduction

Dancing is a performing art that demands a great deal on the neuromuscular and musculoskeletal system of its participants¹. Because of the tough schedule of dance presentation and the physical demand of the activity, musculoskeletal injuries, mainly in the lower limbs, are quite common in dancer's routine². Pre-season assessment for the risk of non-contact musculoskeletal injury is now available for a variety of physical and sports activities^{3,4}, being also used for the contemporary and classic dancers⁵.

Most of the tools used for such assessment include some sort of dynamics stability tasks, usually involving a single leg stance^{3,5}, with the Star Excursion Balance Test, or its short version, the Y Balance Test (YBT), being one of the most applied one^{3,6}. The test consist in support the body with one leg, while the other reach as far as possible in a specified direction; for YBT, anterior, posterior-lateral and posterior-medial directions. The stance leg joints are then submitted to a large demand for force, range of motion and stability, all at once: hence, the longer the reached distance in the three directions, the better is the performance and lower is the risk of injury.

A variety of potential confounding factor could be enrolled when considering the application of injury risk assessment tests in dancers. One of these factors is lower limb dominance, which could affect the results obtained in postural stability tasks requiring single leg stance^{7,8}. Gender is another important aspect that could also impact postural stability performance, for two mainly reasons: between-gender differences in body composition, known to affect postural control during upright stance⁹; and distinct performance requirements for females in males in classic dancers, such as ballet, which also interfere with specific sensorimotor skills in this population.

The aim of the present study is two-fold: (i) To investigate the musculoskeletal injury risk assessment in professional dancers through YBT; and (ii) To describe the effect of lower limb dominance and gender in YBT performance and postural sway characteristics. Our results could be useful to those interested in the clinical problems of dancers, helping to drive adequate programs of assessment and intervention, as well as improve our understanding of the basic motor control aspects related with a widely used stability test.

2. Methods

2.1. Participants

For this prospective longitudinal cohort study, a convenient sample of 27 professional dancers (11 females; mean $\pm$ SD, 41 $\pm$ 9 years old, 169 $\pm$ 13 cm height, 65.0 $\pm$ 0.1 kg weight, average professional practice time of 28 $\pm$ 10 years) from a contemporary ballet company was evaluated. Those who reported vestibular dysfunctions, psychopathology, chronic diseases, pregnant women, who performed another physical activity professionally or had any musculoskeletal condition that prevented the participation in the procedures, were excluded from the study. All volunteers signed an informed consent form. A local ethics committee approved all procedures proposed in this investigation (96746618.3.0000.5235).

2.2. Anamnesis

Along with the sociodemographic and antropometric characteristics, the number of previous musculoskeletal injuries that occurred within 6 months prior to enrollment in this study was obtained through an anamnesis². The participants were asked to report all previous injuries that had resulted in a temporary interruption of dance routines.

2.3. Y Balance Test

The length of the participants' limbs was measured before the Y Balance Test (YBT) procedure, considering the distance between the anterior superior iliac spine and the distal portion of each medial malleolus. Participants stand barefoot on a Wii Balance Board, with the great toe positioned at the edge of the platform with arms hang freely. They were then asked to reach as far as possible with a predetermined limb (e.g., left one), while the other (right) limb remains at the board. The task was performed for each YBT direction, named the anterior (ANT), posterior-lateral (PL) and posterior-medial (PM; Fig. 1A). The maximal distance achieved was determined as the point where the foot touched the ruler placed adjacent to the board. Four trials were performed for the sake of familiarization, followed by three 16 seconds valid trials used for analysis, with at least 30s rest in-between¹⁰. Each trial initiates and ceased

upon the issuing of a verbal cue. The YBT distances obtained were averaged and expressed as a percentage of limb length¹¹.

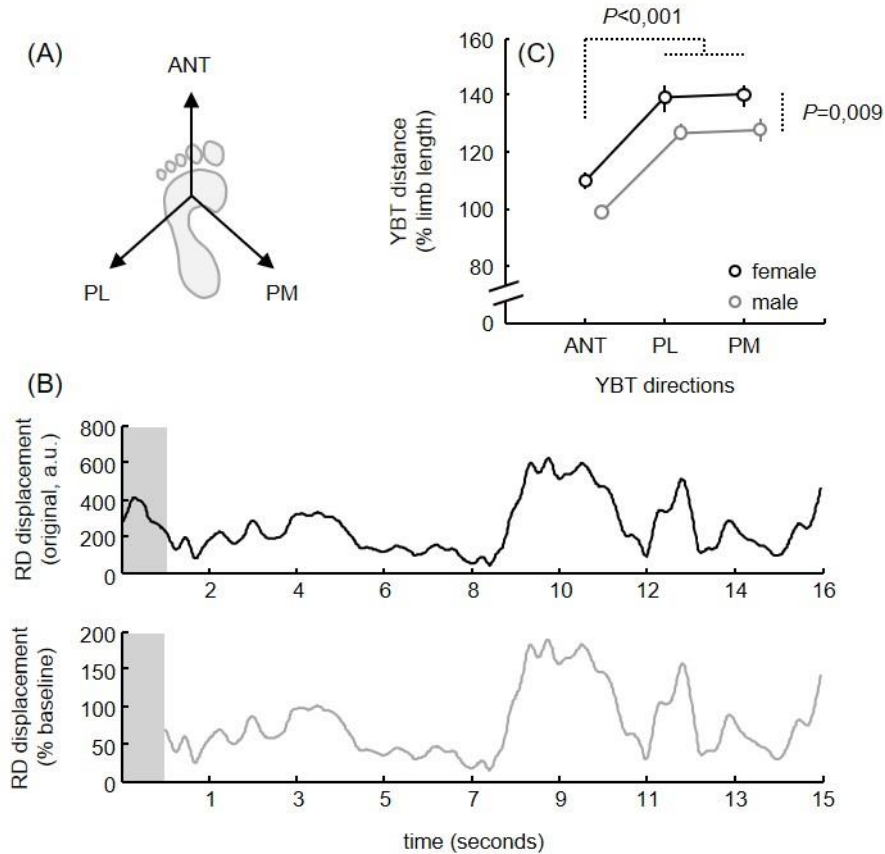


Fig. 1. (A) Illustration of standing foot position during YBT and the directions in which the subject should move their swing foot. (B) radial distance (RD) displacement in the original, arbitrary units (a.u.; upper panel) and after normalization by the first 1s of signal (shadowed gray area) as a percentage of baseline (lower panel). (C) group (mean $\pm$ SE) normalized YBT distances for female (black circles) and male (gray circles) dancers (lower limbs pooled), showing significant differences among YBT directions and between gender. The P -value are showed as inset. ANT, anterior. PL, posterior-lateral. PM, posterior-medial.

Risk level for musculoskeletal injury was determined by two well-established criteria. First, the between-limb differences in YBT anterior distance $\Delta\text{YBT}_{\text{ANT}}$ was computed, and the cutoff value of 4cm^{12,13,14,15} was used to classify the participants in low-risk ($\Delta\text{YBT}_{\text{ANT}} < 4\text{cm}$) and high-risk ($\Delta\text{YBT}_{\text{ANT}} \geq 4\text{cm}$). YBT composite computation was based on the work of Plisky et al (2006), through the equation $\text{YBT}_{\text{COMP}} = [(\text{ANT} + \text{PL} + \text{PM}) / 3 * L] * 100$, with ANT, PL and PM referring to the distances achieved in each direction, L corresponding to lower limb length, and all measures taken in centimeters. The criteria for risk of injury classification was 90% (males) and 94% (females) of the corresponding limb^{11,13}.

2.4. Posturography acquisition and analysis

Center of pressure (COP) coordinates were acquired through a Wii Balance Board (Nintendo Co Ltd, Japan). COP data was streamed to a portable computer using Bluetooth wireless systems and a custom program written in LabView (National Instruments, USA). Wii Balance Board was calibrated in accordance with the manufacturer's recommendations. Sampling frequency was approximately 50Hz and resampled by SWARII algorithm. COP coordinates in each anterior-posterior and medial-lateral direction was converted in radial distances¹⁶ and was normalized as the percentage of the mean displacement from the first second of each acquisition (Fig. 1B). From the normalized postural sway the standard deviation (SD; the square root of the averaged squared differences from the mean)¹⁶, mean velocity (MV, sway length divided by the total duration of acquisition)¹⁶ and temporal regularity, in terms of sample entropy (SE, using the parameters $k=1$, $r=0.25$ and $m=4$)¹⁷ was computed in Matlab environment (The MathWorks, USA).

2.5. Statistical analysis

Gender differences were assessed through Welch's *t* test for independent measures. A mixed model ANOVA was applied for each data vectors, considering gender as independent factor, along with YBT direction and limb dominance as repeated factors. Corresponding posttest was applied when necessary, and eta-squared (η^2) was computed as effect size measure¹⁸. The chi-square test for independence¹⁹ was applied for the analysis of participants'

distribution in gender and risk level categories, along with its effect size measure, Phi-coefficient¹⁹. Pearson coefficient correlation analyses were performed on YBT distances measures and the direction-correspondent postural sway variables, and the 95% confidence interval (CI) of coefficient was also computed. The statistical threshold was set at 5%. The analyses were performed in JASP version 0.10.2 environment (The JASP Team 2019, University of Amsterdam, Netherlands)

3. Results

3.1. YBT performance and injury risk assessment

YBT distance corrected for lower size was compared through mixed model ANOVA. There was significant main effect for direction ($F=115.494$, $P<0.001$, $\eta^2=0.480$) and gender ($F=8.064$, $P=0.009$, $\eta^2=0.244$), with no main effect for limb or interactions (P -value always >0.397). Holm-Bonferroni's posttest showed main differences in YBT distance from anterior and posterior-lateral and -medial directions (both $P<0.001$), but no differences between posterior directions ($P=0.394$; Fig. 1C). YBT anterior direction showed smaller distances than the other directions and, for all direction, female exhibit higher distances than males (Fig. 1C).

From the YBT both the between-limb difference in anterior direction ($YBT_{\Delta ANT}$) and the composite score (YBT_{COMP}), computed from all directions, was used for injury risk assessment. Group values for these variables are showed in Table 1. No gender differences were observed for any of these measures.

For our samples of dancers ($N=27$), $YBT_{\Delta ANT}$ indicates 23 (85% of total) of them with low- and 4 (15% of total) of them with high-risk of injury. The gender distribution of risk-level seems distinct, for while 3 (11% of total) females were classified as high-risk, only one (4% of total) male was classified as such. However, there was no relationship between gender and risk level classification using $YBT_{\Delta ANT}$ criteria ($\chi^2=2.283$, $P=0.131$, Phi-coefficient=0.291).

Surprisingly, results from YBT_{COMP} identify all dancers ($N=27$) as a low-risk of injury person, irrespective of the lower-limb dominance (see Table 1). No statistical analysis was further performed.

Table 1. Group values for the YBT criteria for injury risk classification, separated by gender.

	Female (N=11)	Male (N=16)	<i>t</i> -statistics	<i>P</i> -value	Cohen's <i>d</i>
YBT _{ΔANT}	3.0±2.6	1.9±1.4	1.287	0.219	0.530
YBT _{COMP} (<i>dominant</i>)	128±15	119±9	1.697	0.111	0.694
YBT _{COMP} (<i>non-dominant</i>)	126±16	120±9	1.263	0.227	0.518

YBT_{ΔANT}, between-limb difference in anterior direction; YBT_{COMP}, composite score, computed from all directions, for the dominant and non-dominant lower-limb. See text for further details.

3.2. Postural control during YBT

RD standard deviation (SD) was applied as a measure of postural sway amplitude and variability. For this variable, there was a significant main effect for limb ($F=14.0143$, $P<0.001$, $\eta^2=0.051$) and a significant interaction limb*gender ($F=6.120$, $P=0.021$, $\eta^2=0.022$). A close-to-threshold *P*-value was also found for the interaction YBT direction*limb*gender ($F=3.097$, $P=0.054$, $\eta^2=0.027$). Posttest analyzes reveals a significant difference between dominant versus non-dominant limb for the females in the PL direction ($P=0.010$; Fig. 2A-B), with the non-dominant limb exhibiting larger postural sways. No other significant results were found ($P>0.241$).

RD mean velocity (MV) analysis reveals significant main effect for YBT direction ($F=4.975$, $P=0.011$, $\eta^2=0.076$). Postural sway velocity was lower in anterior compared to posterior-lateral and -medial directions ($P<0.026$), with no differences between posterior directions ($P=0.450$; Fig. 2C). No other significant results were found ($P>0.071$).

The temporal regularity of RD, assessed through sample entropy (SE), showed significant main effect for YBT direction ($F=44.822$, $P<0.001$, $\eta^2=0.357$)

and gender ($F=7.737$, $P=0.010$, $\eta^2=0.236$). Postural sway SE increases from anterior to posterior-lateral and -medial directions ($P<0.001$), with no differences between posterior directions ($P=0.662$; Fig. 2D). For all direction, females exhibit lower SE than males. No other significant results were found ($P>0.223$).

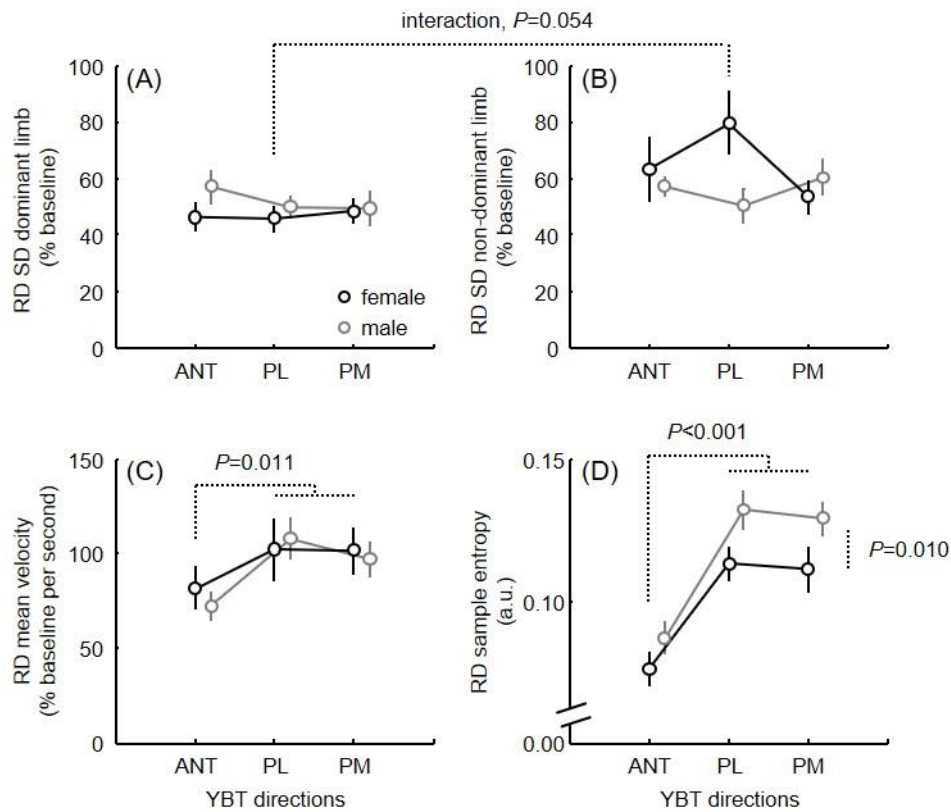


Fig. 2. Group (mean $\pm$ SE) values of RD standard deviation (SD; A-B, for dominant and non-dominant lower limb, respectively) mean velocity (C) and sample entropy (D); lower limb data are pooled for (C) and (D), as no main effect of limb were found. Data are showed for female (black circles) and male (gray circles). The P -value are showed as inset. ANT, anterior. PL, posterior-lateral. PM, posterior-medial. Statistics effect in (A) refers to the posttest result after a direction*limb*gender interaction; see text for further details.

The Pearson coefficient correlation analyzes performed on YBT distances measures and the direction-correspondent postural sway variables showed significant associations between $YBT_{\Delta ANT}$ and SE in anterior direction from the non-dominant limb ($r=-0.524$, $P=0.005$, 95% CI from -0.754 to -0.180, Fig 3). There was no significant association between YBT composite index and posturographic sway descriptor (all $P>0.140$).

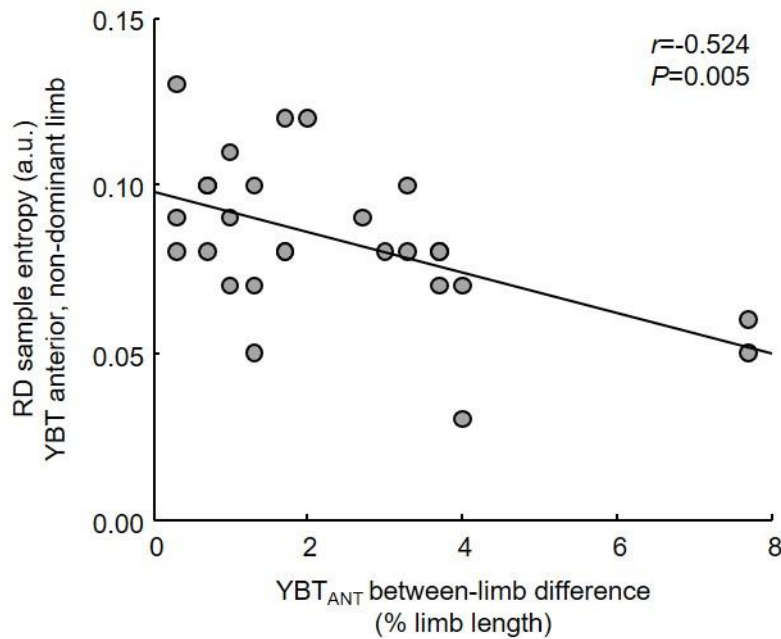


Fig. 3. Scatter plot showing the relationship between grouped normalized distance of YBT anterior between-limb difference (abscissa) and RD sample entropy obtained from non-dominant limb during YBT anterior direction movement (ordinate). The Pearson correlation coefficient and its corresponding P -value are showed as inset.

4. Discussion

The aim of the present investigation was to check the utility of YBT for musculoskeletal injury risk assessment in ballet dancers, along with their postural control features regarding gender and lower limb dominance. The main results showed that performance in YBT depends on gender, with females exhibiting higher distances compared with males. Nevertheless, most of the ballet dancers were classified as low-risk, irrespective of the applied criteria. In

terms of postural control, gender was a relevant factor when the amplitude the temporal regularity of postural sway was considered; interestingly, females showed larger and regular postural sways than males. Further considerations about our results will be present below.

YBT injury risk assessment

YBT has being used for the identification of musculoskeletal injury risk based on two criteria, both of it depending either on the reaching distance in anterior or in the three directions^{11,13}. It is possible that because of the highly developed sensorimotor skills, some individuals, such as ballerinas and gymnasts, exhibit a unique ability to control whole-body balance during such tests, showing a superior performance regarding the actual healthy state of his/her musculoskeletal system.

Indeed, previous studies have shown that professional dancers has distinct patterns of postural sway and a more efficient balance control as compared to non-professional dancers²⁰. This results could be attributed to the type and duration of dance training, which could provide to the dancers resources to deal with a variety of sensorimotor challenges while kepping their balance in a relatively stable condition. Simmons and coworkers²¹ provides arguments in this direction, by showing that dancers have lower latency responses to balance disturbances tha nondancers, reflecting a more refined postural control.

Training time is another factor directly related to the improvement in the movement pattern and balance of dancers²². Indeed, evidences showed that the longer the training time, the better the quality of the movements performed by the dancers and, consequently, the body displacement pattern and the risk of falls due to imbalance would reduce, reducing the risk of injuries^{22,23}. In addition, Grego and coworkers²⁴ considered that changes in stability could cause postural compensations and movement changes, causing increased joint stress and resulting in injuries or relapses when dancers exposes their bodies to situations of increasing motor demand. Dancers are primarily trained to voluntarily move their bodies while maintaining correct posture in challenging dynamic situations. This training gives them a strong balance and volitional balance control, as indicated by their high performance in many functional

balance tests^{25,26,27,28}. However, current findings indicate that this does not necessarily translate into equivalent success when exposed to disturbances, because their training does not involve balance control reactive to unexpected disturbances, although there are exceptions, depending on individual training experiences and dance gender²⁹.

Gender differences in YBT postural sway

Regarding gender differences in postural task performance, Gorman et al.³⁰ showed that men performed better at normal range, while Gribble et al.³¹ reported that women performed better at normal range. Discrepancies in the effect of sex on dynamic balance performance may be due to the small sample size, since the largest of the studies mentioned included only 32 participants³², or may be due to differences in muscle activation between women and men. These findings indicate that the female and male athletes in our study had quite dissimilar dynamic balance. Researchers showed no gender difference in YBT performance with small samples. Our findings, along with those reported in previous studies, show that there are probably no gender differences in YBT performance.

Limitations

Limitations of this study include the use of a self-report injury questionnaire and a small sample size. Although self-reported injury questionnaires could be affected by recall bias, this tool has an agreement ratio of 78 to 100% regarding injury status and some of its features³³. The small number of ballet dancers participating in this study is already expected, given the high-level expertise of the dancers and their schedule, which preclude a larger sample to be tested in an off-stage, laboratory environment.

Conclusions

In conclusion, dynamic stability test such as the YBT seems to have low sensitivity to identify professional dancers with higher-risk of injury, regardless the criteria used for classification. Additionally, gender had marked differences in YBT performance and postural sway measures. The clinical utility of dynamic balance test for professional dancers should be clarified, and considerations about

gender should be taken into account when preseason injury risk assessment was done.

References

1. Koutedakis Y, Jamurtas A. The dancer as a performing athlete: physiological considerations. *Sports Medicine* 34:651-61, 2004.
2. Costa MSS, Ferreira AS, Orsini M, Silva EB, Felicio LR. Characteristics and prevalence of musculoskeletal injury in professional and non-professional ballet dancers. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 20:166-75, 2016.
3. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamics postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training* 47:339-57, 2012.
4. Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional Movement Screening: the use of fundamental movements as an assessment of function part 1. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 9:396-409, 2014.
5. Cole H, McGivern J, Morejon A, Sudol T. The performance of dancers on the lower quadrant Y Balance Test. *CUNY Academic Works*, 2014. https://academicworks.cuny.edu/gc_etds/810
6. Cook G, Plisky P. Functional Movement Systems: YBT online anual, 2015. https://www.functionalmovement.com/files/Articles/660a_YBT%20Online%20Manual%20v1.pdf, em 29 de Outubro 2019.
7. Kinsella-Shaw JM, Harrison SJ, Carello C, Turvey MT. Laterality of quiet standing in old and young. *Experimental Brain Research* 231:383-96, 2013.
8. Promsri A, Haid T, Federolf P. How does lower limb dominance influence postural control movements during single leg stance? *Human Movement Science* 58:165-74, 2018.
9. Chiari L, Rocchi L, Cappello A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clinical Biomechanics* 17:666-77, 2002.
10. Robinson R, Gribble P. Support for a reduction in the number of trials needed for the Star Excursion Balance Test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 89:364-79, 2008.

11. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 36:911-9, 2006.
12. Plisky PJ, Gorman PP, Buttler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrument device for measuring components of the Star Excursion Balance Test. *North American Journal of Sports Physical Therapy* 4:9209, 2009.
13. Buttler RJ, Lehr ME, Fink ML, Kiesel KB, Plisky PJ. Dynamic balance performance and oncontact lower extremity injury in college football players: an initial study. *Sports Health* 5:417-22, 2013.
14. Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Association of Y Balance Test reach asymmetry and injury in division I athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 47:136-41, 2015.
15. Stiffler MR, Bell DR, Sanfilippo JL, Hetzel SJ, Pickett KA, Heiderscheit BC. Star Excursion Balance Test anterior asymmetry is associated with injuries status in division I collegiate athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 47:339-46, 2017.
16. Prieto TE, Myklebust JB, Hoffman RG, Lovett EG, Myklebust BM. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 43:956-66, 1996.
17. Montesinos L, Castaldo R, Pecchia L. On the use of approximate entropy and sample entropy with centre of pressure time-series. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 15:116. doi:10.1186/s12984-018-0465-9, 2018.
18. Lakens D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology* 4:863. doi:10.3389/fpsyg.2013.00863, 2013.
19. Corder GW, Foreman DI. *Nonparametric statistics for non-statisticians: a step-by-step approach*. New Jersey, John Wiley & Sons Inc, 2009.
20. Smith PJ, Gerrie BJ, Varner KE, MC Culloch PC, Lintner DM, Harris JD. Incidence and Prevalence of Musculoskeletal Injury in Ballet. A systematic Review. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 3(7): 2325967115592621, doi:10.1177/2325967115592621, 2015.

21. Simmons WR. Neuromuscular responses of trained ballet dancers to postural perturbations. *International Journal of Neuroscience* 115:1193-203, 2005.
22. Golomer EME, Gravenhorst RM, Toussaint Y. Influence of vision and motor imagery styles on equilibrium during whole-body rotations. *Somatosensory Motor Research* 26:105-10, 2009.
23. Thullier F, Moufti H: Multi-joint coordination in ballet dancers. *Neuroscience Letters* 369:80-4, 2004.
24. Grego LG, Monteiro HL, Padovani CR, Gonçalves A. Lesões na dança: estudo transversal híbrido em academias da cidade de Bauru-SP. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 5:47-54, 1999.
25. Gerbino PG, Griffin ED, Zurakowski D. Comparison of standing balance between female collegiate dancers and soccer players. *Gait & Posture* 26:501-507, 2007.
26. Bruyneel AV, Mesure S, Paré JC, Bertrand M. Organization of postural equilibrium in several planes in ballet dancers. *Neuroscience Letters* 485:228-32, 2010.
27. Simmons RW. Neuromuscular responses of trained ballet dancers to postural perturbations. *International Journal of Neuroscience* 115:1193-1203, 2005.
28. Zhang JG, Takata KI, Yamazaki H, Morita T, Ohta T. Postural stability and physical performance in social dancers. *Gait & Posture* 27: 697-701, 2008.
29. Duncan CA, Ingram TGJ, Mansfield A, Byrne JM, McIlroy WE. Population differences in postural response strategy associated with exposure to a novel continuous perturbation stimuli: would dancers have better balance on a boat? *PLoS ONE* 11(11):e0165735. doi:10.1371/journal.pone.0165735, 2016.
30. Gorman PP, Butler RJ, Rauh MJ, Kiesel K, Plisky PJ. Differences in dynamic balance scores in one sport versus multiple sport high school athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy* 7:148-53, 2012.
31. Gribble PA, Robinson RH, Hertel J, Denegar CR. The effects of gender and fatigue on dynamic postural control. *Journal of Sport Rehabilitation* 18:240-57, 2009.

32. Sabin MJ, Ebersole KT, Martindale AR, Price JW, Broglio SP. Balance performance in male and female collegiate basketball athletes: influence of testing surface. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24:2073-78, 2010.
33. Baker J, Scott D, Watkins K, Keegan-Turcotte S, Wyon M. Self-Reported and Reported Injury patterns in contemporary dance students. *Medical Problems in Performing Artists* 25:10-15, 2010.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dança é uma manifestação artística que se utiliza do corpo e de seus movimentos para composição da arte (BRONNER, OJOFEITIMI, MAYERS 2006; SIMÕES, DOS ANJOS 2010). A característica dos movimentos executados, bem como a metodologia empregada nos treinamentos pode constituir um fator de risco para o acontecimento de lesões (ALLEN et al. 2012). Com base nesse cenário, é possível sugerir que a avaliação posturográfica em bailarinos durante tarefas específicas da dança possa ser bastante informativa sobre alterações no controle do equilíbrio potencialmente associados à presença de lesões musculoesqueléticas. Foi o primeiro objetivo, especificamente, investigar a associação entre descritores de oscilação postural adquiridos em posições comuns e específicas de ballet e a ocorrência de lesões.

O presente trabalho apontou justamente que em posições específicas do gestual da dança foram capazes de distinguir bailarinos com alta ou baixa ocorrência de lesões musculoesqueléticas. Sendo a posição em *demi-point* com maiores diferenças significativas, principalmente para deslocamentos médio-laterais.

O presente estudo traz colaboração quanto informações sobre testes de equilíbrio dinâmico amplamente utilizado para avaliação de risco de lesão musculoesquelética, como o Y-Balance Test que classificou a maioria dos bailarinos no presente estudo como baixo risco de lesão.

Os dados também mostraram que as maiores distâncias encontradas no YBT foram para direções posteriores e sendo as mulheres com maiores deslocamentos. Ao descrever as características da oscilação postural durante o desempenho do YBT, diferiu significativamente entre as direções, os membros dominante e não dominante e o sexo.

Portanto, os modelos de risco de lesão como a teoria da interação multivariada, em que perturbações de origem mecânica somadas às características morfológicas e psicossociais; fadiga; carga cumulativa e uso repetitivo são responsáveis por atividades musculoesqueléticas assimétricas e devem ser consideradas ao se tratar de uma população de alto risco de lesão como bailarinos.

REFERÊNCIAS

- ALLEN N, NEVILL A, BROOKS J, KOUTEDAKIS Y, WYON M. Ballet Injuries: Injury Incidence and Severity over 1 year. *J Orthop Sports Phys Ther.* 42:781-90, 2012.
- AQUINO CF, CARDOSO VA, MACHADO NC, FRANKLIN JS, AUGUSTO VG. Análise da relação entre dor lombar e desequilíbrio de força muscular em bailarinas. *Fisioter Mov.* 23: 399-408, 2010.
- AMBEGAONKAR JP, CASWELL SV, WINCHESTER JB, SHIMOKOCHI Y, CORTES N, CASWELL AM. Balance comparisons between female dancers and active nondancers. *Research Quarterly for Exercise and Sport.* 84:1,24-29, 2013.
- BAHR R, KROSSHAUG T. Understanding injury mechanisms: a key componente of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med.* 39:324-329, 2005.
- BATISTA CG, MARTINS EO. The prevalence of pain in classical ballet dancers. *J Health Sci Inst.* 28:47-9, 2010.
- BOWLING A. Injuries to dancers: prevalence, treatment, and perceptions of causes. *Br Med J.* 298:731-4, 1989.
- BRONNER S, OJOFEITIMI S, MAYERS L. Comprehensive surveillance of dance injuries: a proposal for uniform reporting guidelines for professional companies. *J Dance Med Sci.* 10:69-80, 2006.
- BRONNER S, OJOFEITIMI S, ROSE D. Injuries in a Modern Dance Company. Effect of Comprehensive Management on injury incidence and time loss. *American Journal of Sports Medicine.* v.31n.3, 2003.
- BROOKS JH, FULLER CW, KEMP SP, REDDIN DB. Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 1 match injuries. *Br J Sports Med.* 39:757-66, 2005.
- BROOKS JH, FULLER CW, KEMP SP, REDDIN DB. Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 2 training injuries. *Br J Sports Med.* 39:767-75, 2005.
- BAHR R, KROSSHAUG T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med.* 39:324-329, 2005.
- BARCELLOS C, IMBIRIBA LA. Alterações posturais e do equilíbrio corporal na primeira posição em ponta do ballet classic. *Rev. paul. Educ.fís.* 16(1):43-

52,2002.

- BLASING B, CALVO-MERINO B, CROSS ES, JOLA C, HONISCH J, STEVENS CJ. Neurocognitive control in dance perception and performance. *Acta Psychol (Amst)*. 139(2):300-308, 2012.
- BYHRING S, BO K. Musculoskeletal injuries in the Norwegian National Ballet: a prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports*.12:365-70, 2002.
- BRUYNEEL AV, MESURE S, PARÉ JC, BERTRAND M. Organization of postural equilibrium in several planes in ballet dancers. *Neurosci.Lett*. 485(3):228-32,2010.
- BRICOT B. Posturologia. 2ª ed. São Paulo: Ícone, 2004.
- CAMARGO HCF, GHIROTTTO FMS. Uma visão da dança e suas lesões. *Rev Bras Ciências da Saúde*. 1:32-5, 2003.
- CAMPOY FAS, COELHO LRO, BASTOS FN, JÚNIOR JN, VANDERLEI LCM, MONTEIRO HL, PADOVANI CR, PASTRE CM. Investigation of risk factors and characteristics of dance injuries. *Clin J Sport Med*. V.21 n.6, 2011.
- CARVALHO RL, ALMEIDA GL. Aspectos sensoriais e cognitivos do controle postural. *Rev. Neuroscienc*. 17(2):156-60,2009.
- CECCHINI LML, ALONSO JLL, SALGADO ASI. Análise estabilométrica em atletas e não atletas. Disponível em: http://www.unesp.br/eventos/educação_física/biomecânica.htm>.Acesso em 18 jul 2012.
- CHENG- FENG L, I-JUNG L, JUNG-HSIEN L, HONG-WEN W, FONG-CHIN S. Comparison of Postural Stability Between Injured and Uninjured Ballet Dancers. *Am J Sports Med*. 39:1324-31, 2011.
- COSTA M, FERREIRA AS, FELICIO LR. Static and dynamics balance in ballet dancers: a literature review. *Fisioter Pesq*. 20(3):292-298, 2013.
- COSTA M, FERREIRA AS, ORSINI M, SILVA EB, FELICIO LR. Characteristics and prevalence of musculoskeletal injury in professional and non-professional ballet dancers. *Braz J Phys Ther*. V. 2,p 1-10, 2015.
- MELLO MC, SÁ FERREIRA A, RAMIRO FELICIO L. Postural control during different unipodal positions in professional ballet dancers. *J Dance Med Sci*. 2017; 21:151–155. doi:10.12678/1089-313X.21.4.151.

- CLAGG S, PATERNO MV, HEWETT TE, SCHMITT LC. Performance on the Modified Star Excursion Balance Test at the time of return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of orthopaedic & Sports physical therapy*.45 (6):444-452, 2015.
- CREATH R, KIMEL T, HORAKC F, PETERK, R, JEKA J. A unified view of quiet and perturbed stance: simultaneous co-existing excitable modes. *Neuroscience Letters*, v. 377, n. 2, p. 75-80, 2005. [L] [SEP]
- COOK G, BURTON L, HOOGENBOOM BJ, VOIGHT M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function- part 1. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. V 9,n3:396,2014.
- COOK G, BURTON L, HOOGENBOOM BJ, VOIGHT M. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function- part 2. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. V 9,n4:549,2014.
- CREIGHTON DW, SHRIER I, SHULTZ R, MEEUWISSE WH, MATHESON GO. Return-to-Play in Sport: A decision-based Model. *Clin J Sport Med*. 20:5, 2010.
- DELAHUNT E, CHAWKE M, KELLEHER JMURPHY K, PRENDIVILLE A, SWEENY L, PATTERSON M. Lower limb kinematics and dynamic postural stability in anterior cruciate ligament- reconstructed female athletes. *Journal of athletic Training*.48(2):172-185,2013.
- DI FABIO RP, EMASITHI A. Aging and the mechanisms underly head and postural control during voluntary motion. *Phys Ther*. 77(5):458-75,1997.
- DORE BF, GUERRA RO. Sintomatologia dolorosa e fatores associados em bailarinos profissionais. *Rev Bras Med Esporte*. V.13:77-80,n.2, 2007.
- EARL JE, HERTEL J. Lower-extremity muscle activation during the Star [L] [SEP] Excursion Balance Tests. *J Sport Rehabil*. 10(2):93–104, 2001. [L] [SEP]
- EMERY CA. Is there a clinical standing balance measurement appropriate for use in sports medicine? A review of the literature. *J. Sci Med Sport*. 6, 492-504, 2003.
- ENGEBRETSEN L, SOLIGARD T, STEFFEN K, ALONSO JM, AUBRY M, BUDGETT R, DVORAK J, JEGATHESAN M, MEEUWISSE WH, MOUNTJOY M, PALMER-GREEN D, VANHEGAN I, RENSTROM PA.

- Sports injuries and illnesses during the London summer Olympic games 2012. *Br J Sports Med.* 0;1-8, 2013.
- EMERY CA. Is there a clinical standing balance measurement appropriate for use in sports medicine? A review of the literature. *J Sci Med Sport.* 6(4):492-504,2003.
- FARO ACM. Técnica Delphi na validação das intervenções de enfermagem. *Rev. Esc. Enferm. USP*, n. 31, p. 259-273, 1997.
- FREITAS SMSF. Coordenação postural em adultos e idosos durante movimentos voluntários na postura ereta. Universidade de São Paulo. Escola de Educação Física e Esporte. Tese de doutorado, 2005.
- FULLAM K, CAULFIELD B, COUGHLAN GF, DELAHUNT E. Kinematic Analysis of selected reach directions of the star excursion balance test compared with the y-balance test. *Journal of Sport Rehabilitation.* 23,27-35,2014.
- GAMBOA JM, ROBERTS LA, MARING J, FERGUS A. Injury patterns in Elite preprofessional ballet dancers and the utility of screening programs to identify risk characteristics. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* V.38 n.3, 2016.
- GIL, AC. *Métodos e técnicas em pesquisa social.* São Paulo: Atlas, 1995.
- GLAVE PA, Didier JJ, WeatherwaxJ, Browning SJ, Fiaud V. Testing Postural Stability: Are the Star Excursion Balance Test and Biodex balance System Limits of Stability Tests Consistente?. *Gait & Posture.* 43; 225-227, 2016.
- GREGO LG, MONTEIRO HL, PADOVANI CR, GONÇALVES A. Lesões na dança: estudo transversal híbrido em academias da cidade de Bauru-SP. *Rev Bras Med Esporte.* v 5:47-54 n.2, 1999.
- GRIBBLE PA, HERTEL J, DENEGART CR, BUCKLEY WE. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamics postural control. *Journal of Athletic Training.* 39(4):321-329, 2004.
- GRIBBLE PA, HERTEL J, PLISKY P. Using the Star Excursion balance test to assess dynamics postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training.* 47(3):339-357, 2012.
- GUIMARÃES ACA, SIMAS JPN. Injuries in classical ballet. *Revista de Educação Física.* 12: 89-96, 2001.

- GUILLOU E, DUOUI P, GOLOMER E. Dynamic balance sensory motor control and symmetrical or asymmetrical equilibrium training. *Clinical Neurophysiology*. 118:317-324,2007.
- GUNTHER M, GRIMMER S, SIEBERT T, BLICKHAN R. All leg joints contribute to quiet human stance: A mechanical analysis. *Journal of Biomechanics*. 42:2739-2746,2009.
- GUNTHER M, PUTSCHE P, LEISTRITZ L, GRIMMER S. Phase synchronization of the three leg joints in quiet human stance. *Gait & Posture*. 33:412-417, 2011.
- GUYTON AC, HALL JE. Tratado de fisiologia médica. 10^a ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2002.
- HAMILL J, KNUTZEN KM. Bases biomecânicas do movimento humano. 2.ed. Barueri, SP: Manole,2008.
- HERTEL J, BRAHAM RA, HALE SA, OLMSTED- KRAMER LC. Simplifying the Star Excursion Balance Test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther*. 36(3): 131–137, 2006.
- HERTEL J. The complex etiology of lateral ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther*. 35(5):A9–A10, 2005. ^[1]_{SEP}
- HILLIER JC, PEACE K, HULME A, Healy JC. MRI features of foot and ankle injuries in ballet dancers. *Br J Radiol*. 77:532-7, 2004.
- HORAK FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 35 (Suppl2). ii7-ii11, 2006.
- HORAK FB, NASHNER M. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol*.55:1369-1381,1986.
- HSU WL, SCHOLZ JP, SCHONER G, JEKA JJ, KIEMEL T. Control and Estimation of Posture During Quiet Stance Depends on Multijoint Coordination. *Journal of Neurophysiology*.97:3024-3035,2007.
- D'INGIANNIA L, GRAZIE MD, ACONSTANTINESEI M, VASILESCU M, FOTI C, ROSULESCU E. balance evaluation and proprioceptive training on ballerinas- Part I: questionnaire design and proprioceptive training program for ballet dancers. *Journal of the Romanian Sports Medicine Society*. Vol. XIII, n.1,2868-2873,2017.

- JÚNIOR CMP, HECKMANN M. Distúrbios da postura, marcha e quedas. In: FREITAS EV, PY,L. Tratado de Geriatria e gerontologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; p624-634,2002.
- KUMAR S. Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics*. vol.44,n.1,17-47, 2001.
- LIEDERBACH M, RICHARDSON M. The importance of standardized injury reporting in dance. *Journal of Dance Medicine & Science*. v.11.2,p:45, 2007.
- LATASH ML, ANSON JG. Synergies in health and disease: relations to adaptive changes in motor coordination. *Phys Ther*. 86:1151-1160, 2006.
- MAGALHÃES JÚNIOR, E.S. Avaliação funcional dos membros inferiores e equilíbrio de adultos com poliomielite e síndrome pós-pólio. 2016, 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação), Centro Universitário Augusto Motta, Rio de Janeiro, 2016.
- MANN L, KLEINPAUL JF, MOTACB, SANTOS SG. Equilíbrio corporal e exercícios físicos:uma revisão sistemática. *Motriz* . 15(3):713-22, 2009.
- MC CUNN R, FUNTEN K, FULLAGAR HHK, MC KEOWN I, MEYER T. Reliability and association with injury of movement screens: A critical review. *Spots Med*. 40279-015-0453-1, 2016.
- MC DOWELL I, NEWELL C. *Measuring health: a guide to rate scales and questionnaires*. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- MC INTOSH AS. Risk compensation, motivation, injuries, and biomechanics in competitive sport. *Br J Sports Med*. 39:2-3, 2005.
- MEEWISSE WH, TYREMAN H, HAGEL B, EMERY C. A Dynamic model of etiology in sport injury: The recursive nature of risk and causation. *Clin J Sport Med*. 17:215-219,2007.
- MEEUWISSE WH. Assessing causation in sport injury: a multifactorial model. *Clin J Sport Med*. 4:166-170, 1994.
- MEEUWISSE WH. Athletic injury etiology: distinguishing between interaction and confounding. *Clin J Sport Med*. V.4,n.3,1994.
- MONTEIRO HL, GREGO LG. As Lesões na Dança: Conceitos, Sintomas, causa situacional e tratamento. *Motriz*. 9:63 -71, 2003.
- NESS BM, TAYLOR AL, HABERL MD, et al. Clinical observation and analysis of movement quality during performance on the star excursion balance test. *Int J Sports Phys Ther*. 10(2):168–77, 2015. [L]
[SEP]

- NISSEN C, LEANDERSON J, WYKMAN A, STRENDER LE. The injury panorama in a Swedish professional ballet company. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 9:242 – 6, 2001.
- NUNES NMA, HADDAD JJ, BARTLETT DJ, OBRIGHT KD. Musculoskeletal injuries among young, recreational, female dancers before and after dancing in pointe shoes. *Pediatric Physical Therapy.* 14:100-106, 2002.
- OLIVEIRA CB, MEDEIROS IRT, FROTA NAF, GRETERS ME, CONFORTO AB. Balance control in hemiparetic stroke patients: Main tools for evaluation. *Journal of Rehabilitation Research e development.* V45,n.8,1215-226, 2008.
- PASQUALI L. Princípios de elaboração de escalas psicológicas. *Rev. Psiquiatr. Clin.*, v. 25, n. 5, p. 206-213, 1998.
- PICON AP, FRANCHI SS. Análise Antropométrica dos Pés de Praticantes de Ballet Clássico que Utilizam Sapatilhas de Ponta. *Revista Uniara.* 20:177-188, 2007.
- PICON AP, LOBO DA COSTA PH, SOUSA F, SACCO ICN, AMADIO AC. Biomecânica e “Ballet” Clássico: Uma Avaliação de Grandezas Dinâmicas do “Sauté” em Primeira Posição e da Posição “En Pointe” em Sapatilhas de Pontas. *Revista Paulista de Educação Física.* 16:53-60, 2002.
- PIONNIER, R.; DÉCOUFOUR, N.; BARBIER, F.; CHRISTOPHE, P.; SIMONEAU-BUESSINGER, E. A new approach of the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural control in people complaining from chronic ankle instability. *Gait & Posture* 2016; 45:97-102.
- PLISKY PJ, GORMAN PP, BUTLER RJ, KIESEL KB, UNDERWOOD FB, ELKINS B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American Journal of Sports Physical Therapy.* V.4n.2:93, 2009.
- POLIT, D. Nursing research: principles and methods. 3d ed. Philadelphia: J.B. Lippincott, 1987.
- POTTER K, GALBRAITH G, BAAS J. Screening for improved dance function. *International Association for Dance Medicine & Science.* V.3,n.1, 2011.
- PRIETO TE, JOEL B, HOOMANN RG, LOVETT EG, MYKLEBUST BM. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Transactions on biomedical engineering.*v.43,n. 9, 1996.

- RASOOL J, GEORGE K. The impact of single-leg dynamic balance training on dynamic stability. *Physical Therapy in Sport*. 8,177-184, 2007.
- SARAGIOTTO BT, PIERRO CD, LOPES AD. Risk factors and injury prevention in elite athletes: a descriptive study of the opinions of physical therapists, doctors and trainers. *Braz J Phys Ther*. 18(2):137-143, 2014.
- SIBLEY KM, BEAUCHAMP MK, VAN OOTEGHEM K, STRAUSS E, JAGLAL SB. Using the systems framework for postural control to analyse the components of balance evaluated in standardized balance measures: a scoping review. *Ach Phys Med Rehabil*. 96:122-132.e 29, 2015.
- SIMÕES RD, ANJOS AFP. O ballet clássico e as implicações anatômicas e biomecânicas de sua prática para os pés e tornozelo. *Revista da Faculdade de Educação física da UNICAMP*. 8:117-132, 2010.
- SHULTZ R, ANDERSON SC, MATHESON GO. Test–retest and interrater reliability of the functional movement screen. *J Athl Train*. 48(3):331–6, 2013.  
- SMITH PJ, GERRIE BJ, VARNER KE, MC CULLOCH PC, LINTNER DM, HARRIS JD. Incidence and Prevalence of Musculoskeletal Injury in Ballet. A systematic Review. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 3(7), 2015.
- SKULMOSKI GJ, HARTMAN FT, KRAHN J. The Delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education*. v6. 1-21, 2007.
- SOLOMON R, MICHELI LJ, SOLOMON J, KELLEY T. The “cost” of injuries in a professional ballet company: anatomy of a season. *Medical Problems of Performing Artists*. 10:3-10, 1995.
- SPÍNDOLA AWP. Delphos: proposta tecnológica alternativa. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 1984.
- STEFFEN K, EMERY C, ROMITI M, KANG J, BIZZINI M, DVORAK J, MEEUWISSE WH. High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+) improves functional balance and reduces injury risk in Canadian youth female football players: a cluster randomized trial. *British Journal of Sporta Medicine*. 47,794-802, 2013.
- SOARES AV. Contribuição visual para o controle postural. *Rev. neuroscience*. 18(3):370-79,2010.

- TEIXEIRA CS, LEMOS LFC, LOPES LFD, MOTA CB. A influência dos sistemas sensoriais na plataforma de forças: estudo do equilíbrio corporal em idosas com e sem queixa de tontura. *Rev. CEFAC*.12(6):1025-032, 2010.
- TOLEDO SD, AKUTHOTA V, DRAKE DF, NADLER, SF, CHOU LH. Sports and Performing Arts Medicine. Issues relating to dancers. *Arch Phys Med Rehab*. 85: 75-8, 2004.
- VAN EMMERIK REA, VAN WEGEN EEH. On the functional aspects of variability in postural control. *Exerc Sports Sci Rev*. 177-183, 2002.
- WHITING WC, ZERNICKE RF. *Biomecânica da lesão músculo-esquelética*. Rio de Janeiro, Brazil: Guanabara Koogan; 2001.
- WIESLER ER, HUNTER DM, MARTIN DF, CUR WW, HOEN H. Ankle flexibility and injury patterns in dancers. *Am J Sports Med*. 24:754-7, 1996.
- WILLIAMS PL, WEBB C. The Delphi technique: a methodological discussion. *J. Adv. Nurs.*, n. 19, p. 180-186, 1994.
- WINTER, D. A.; PATLA, A. E.; PRINCE, F.; ISHAC, M.; GIELO-PERCZAK, K. Stiffness control of balance in quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, Bethesda, v. 80, n. 3, p. 1211-1221, 1998.
- WINTER DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*; 4, p193-214, 1995.
- WINTER D, PATLA A, ISHAC M, GAGE W. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *Journal of electromyography and kinesiology*. 13 (1) 49-56,2003.
- WILSON M, BATSON G. The m/r SEBT: Development of a functional screening tool for dance educators. *Med Probl Perform Art*. 29(4):207-215, 2014.

APÊNDICE 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação

PROJETO DE PESQUISA**Associação de medições clínicas e biomecânicas de estabilidade postural e de risco de lesão musculoesquelética em bailarinos.**

Este trabalho tem como objetivo investigar a relação entre medidas clínicas e biomecânicas de estabilidade postural e as características e ocorrências de lesões musculoesqueléticas em uma população de bailarinos.

Bailarinos desenvolvem um alto nível de desempenho em tarefas que dependem do controle postural, pelo desenvolvimento de habilidades durante seus treinamentos. Porém, apresentam-se com elevados índices de lesões que encurtam suas carreiras e geram alto custo para as companhias de dança. Baseado nisso, estabelecer a relação entre a ocorrência dessas lesões e o desempenho nos testes de estabilidade postural assim como o padrão de coordenação adotado é de grande importância para prever o risco de lesão nessa população.

Assim, estamos convidando a participar desta pesquisa como voluntário. Caso concorde você será inserido no estudo. A pesquisa será realizada no Laboratório de Análise do Movimento Humano e no Laboratório de Cinética e Cinemática Humana do PPGCR-UNISUAM, localizado na Praça das Nações nº 34 Bonsucesso – Rio de Janeiro, Prédio da Pós-Graduação, 3º andar.

Ao considerar as características e fatores contribuintes para ocorrência de lesões musculoesqueléticas – verificadas através de um questionário, realizaremos um teste para o desempenho e investigação de padrão de coordenação. O Star Excursion Balance Test (SEBT) – Y- Balance Test (YBT) - estabilidade postural dinâmica – em que estabeleceremos a associação entre lesões musculoesqueléticas prévias, o desempenho e análise de características de estabilidade postural dinâmica dessa população além da associação com a ocorrência subsequente de lesões musculoesqueléticas.

No primeiro momento será preenchido um questionário constando, dados pessoais e dados sobre lesões adquiridas pela prática da dança.

Para análise do YBT modificado, teste de estabilidade postural dinâmica, o participante posiciona-se com uma perna no centro de uma estrela demarcada no solo e realiza o alcance máximo da outra perna em três direções (anterior, pósterolateral e pósteromedial), retornando a posição inicial. O qual será realizado sobre uma plataforma de forças Wii Balance Board (WBB) posicionada no centro da base na qual o participante realizará o SEBT. Para a análise do sinal posturográfico utilizaremos o trecho da aquisição na qual o participante inicia o teste até o momento em que finaliza na direção anterior. Para cada uma das três repetições avaliadas, o deslocamento lateral e anteroposterior do Centro de Pressão (CP) será convertido em distâncias radiais.

Previamente a coleta, o examinador demonstrará as posições e movimentos ao voluntário antes do procedimento e será feita a medição do membro através de uma fita métrica. As tarefas serão repetidas três vezes e com intervalo de 1 minuto entre elas.

Os dados obtidos durante este trabalho serão mantidos em sigilo e não poderão ser consultados por outras pessoas sem minha autorização por escrito. Por outro lado, os resultados do trabalho poderão ser utilizados para fins científicos, e asseguramos o total anonimato e a privacidade dos participantes. Além disso, cabe ressaltar que não há nenhum custo ou remuneração além de os referidos aparelhos desta pesquisa não oferecem qualquer tipo de risco à saúde dos participantes. Também, os participantes da pesquisa poderão sair do trabalho quando quiser sem que haja qualquer tipo de prejuízo.

A Fisioterapeuta Michelle Costa de Mello e seu orientador Prof. Dr. Thiago Lemos de Carvalho são responsáveis em desenvolver a pesquisa e em caso de dúvida dos sujeitos e/ou responsáveis legais poderão entrar em contato para solicitar quaisquer tipos de esclarecimentos. Tel.: (21) 3868-5063 – Doutorado em Ciências da Reabilitação ou (21) 99945-2048 (celular).

Eu, _____, RG. _____,
residente à _____ nº _____, Bairro
_____, na cidade de _____, estado _____,

autorizo minha participação como voluntário no projeto de pesquisa:

Associação de medidas clínicas e biomecânicas de estabilidade postural e de risco de lesão musculoesquelética em bailarinos.

Eu li e entendi as informações contidas neste documento, e declaro estar de acordo com os procedimentos da pesquisa.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____.

Nome do Pesquisador

Assinatura

Nome do Voluntário

Assinatura

ANEXO 1. Folha de Aprovação do Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Associação entre o desempenho em testes funcionais de membro inferior, medidas biomecânicas de estabilidade postural e a ocorrência de lesões musculoesqueléticas em indivíduos fisicamente ativos

Pesquisador: Thiago Lemos de Carvalho

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 96746618.3.0000.5235

Instituição Proponente: SOCIEDADE UNIFICADA DE ENSINO AUGUSTO MOTTA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.879.550

Apresentação do Projeto:

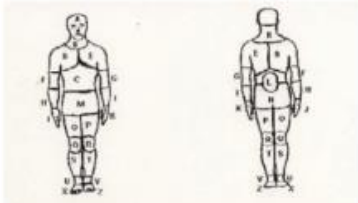
No ambiente esportivo a avaliação da função dos membros inferiores tem grande importância devido à frequente ocorrência de lesões nesse seguimento. De acordo com estudos prévios, com uma abordagem específica é possível identificar déficits funcionais e riscos para desenvolver lesões que por sua vez geram o afastamento do atleta da sua rotina de treinamento e competições. Os testes que avaliam a estabilidade postural dinâmica são utilizados para avaliação da função e classificação de risco para desenvolver lesões nos membros inferiores. O Y Balance Test é um teste que avalia o equilíbrio dinâmico e tem sido bastante utilizado devido à sua fácil aplicação. Alguns estudos evidenciaram uma relação entre os resultados obtidos neste teste e a ocorrência de lesões. Entretanto, baseado nos resultados das evidências disponíveis, ainda não existe uma explicação clara sobre a relação entre os testes posturais, a ativação muscular, padrão de movimento e o surgimento de lesões. Será realizado um estudo transversal, em 40 indivíduos saudáveis acima de 18 anos, fisicamente ativos. Os participantes irão realizar o Y Balance Test com o pé de apoio sobre a plataforma de força. Além disso, serão adquiridos paralelamente os sinais posturográficos, eletromiográficos (EMG) e de cinemetria durante a realização do teste.

Objetivo da Pesquisa:

Investigar a relação entre atividade (desempenho em testes funcionais), função (medidas

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 1015)
Bairro: Bonsucesso **CEP:** 21.041-010
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3882-9797 **E-mail:** comitedeetica@unisum.edu.br

ANEXO 2. Questionário de Prevalência de Lesão na Prática de Ballet

Questionário Prevalência de Lesão na prática de <i>Ballet</i>	
I- Identificação	
Nome: _____	Sexo: F () M ()
Estado Civil: _____	Data de Nascimento: ____/____/____ Idade: _____
Peso: _____	Altura: _____ Grau de Instrução: _____
Profissão: _____	
II- Aspectos relacionados à dança	
Companhia de dança: _____ Idade que iniciou a dança: _____	
Idade que se profissionalizou: _____	
Quanto dias por semana e horas diárias dedicadas a prática? _____	
Tipo de aula: () Ballet () Contemporâneo () Alongamento () Relaxamento () Outros _____	
Quais _____	
Se ballet: () com sapatilha de ponta () sem sapatilha de ponta	
Duração da aula: _____	
Estilo do ensaio: () Clássico () Contemporâneo () Outros _____	
Duração do ensaio: _____	
Está dançando atualmente?	
() Sim () Não Motivo: _____	
Você pratica outra atividade física? () Sim, () Não - Qual(is)? _____	
Se praticar, especifique os dias semanais e horas diárias que dedica à(s) atividade(s)? _____	
Há quanto tempo realiza esta atividade? _____	
Realiza a pirouette? () Sim () Não	
Qual o seu lado dominante para a pirouette? _____	
III- Aspectos relacionados à lesão	
Você já apresentou alguma lesão? () Sim () Não	
Qual? 1. () Fratura 2. () Luxação 3. () Sub-luxação 4. () Entorse	
5. () Distensão Muscular 6. () Outros Qual (is) _____	
Você já sofreu algum tipo de lesão com a prática da dança?	
() Sim. Qual? _____	
() Não	
Se sim. Há quanto tempo?	
() Há 6 meses, () Entre 6 meses – 1 ano, () Entre 1 ano – 5 anos, () Há mais de 5 anos.	
Como ocorreu a lesão (movimento realizado)?	
() Queda pós salto, () giros (pirouette), () Queda, () Movimento repetitivo, () Outro- Qual (is) _____	
De acordo com representação corporal abaixo, assinale com um "X" a localização das lesões:	
	
Estas lesões se repetiram:	
Sim () Não () - Especifique quais e o número de vezes: _____	
Quanto tempo ficou afastado(a) por causa dessa lesão? _____	
Fez algum tratamento fisioterapêutico para essa lesão?	
() Sim () Não Qual: _____	
Por quanto tempo? _____	
Após a lesão quanto tempo depois você retomou a prática da dança? _____	