



ANÁLISE BIOMECÂNICA RELACIONADA A LESÕES NO BALÉ CLÁSSICO

Patrícia Paludette Dorneles

Gabriel Ivan Pranke

Luiz Fernando Cuozzo Lemos

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Brasil

Clarissa Stefani Teixeira

Universidade Federal de Santa Catarina – Brasil

Carlos Bolli Mota

Universidade Federal de Santa Maria – Brasil

Resumo: Esta revisão bibliográfica objetivou descrever aspectos biomecânicos do balé clássico em relações às lesões e ao equilíbrio. Constatou-se que, durante a prática do balé, o antepé é a região que mais recebe pressões. Além disso, devido aos impactos de intensas sobrecargas quando se utilizam sapatilhas de ponta, há o surgimento de lesões osteomioarticulares, principalmente na articulação do joelho e na região dos dedos dos pés. As bailarinas apresentam maior rotação externa do quadril e uma menor rotação interna dessa articulação. Na posição de ponta, a articulação do tornozelo é submetida a uma flexão plantar de grande amplitude, portanto as bailarinas apresentam uma maior eficiência no controle do equilíbrio quando comparadas a não praticantes de balé clássico. Estudos que realizem análises biomecânicas sobre o balé clássico são de extrema importância para quantificar a incidência de lesões nessa modalidade, de modo a avaliar os tipos de intervenção terapêutica mais adequados a esses bailarinos e criar diferentes estruturas de treinamentos para prevenção de lesões.

Palavras-chave: biomecânica; equilíbrio postural; balé clássico.

INTRODUÇÃO

A estabilidade corporal e a sustentação num novo eixo de equilíbrio podem ser citadas como habilidades motoras fundamentais de bailarinas. Dificuldades para a

manutenção do equilíbrio postural são agregadas quando há necessidade de utilização de sapatilhas de ponta, que, além da exigência da flexibilidade, objetivam proporcionar alinhamento aos membros inferiores, pés, tronco e cabeça (BERTONI, 1992).

Mesmo que existam benefícios com a prática da dança, como ganho de habilidades motoras, flexibilidade, consciência corporal e socialização, é necessária atenção aos praticantes de balé tanto profissionais quanto aqueles que o procuram como forma de praticar algum exercício físico no seu dia a dia. As preocupações estão voltadas à saúde e à segurança na realização dessa prática, principalmente no que diz respeito à integridade do sistema musculoesquelético e também à eficácia e eficiência dos movimentos que exigem extrema técnica, treinamentos longos e repetitivos.

A biomecânica pode atuar visando ao aperfeiçoamento das técnicas dos movimentos, em diferentes treinamentos. Essa área de estudo pode também determinar as adaptações possíveis de serem realizadas para aperfeiçoar a modalidade. Além disso, em diversos ambientes, a biomecânica atua como controle dos mecanismos de cargas internas do aparelho locomotor, sendo a dança uma das modalidades em que os benefícios poderão ser identificados (TEIXEIRA; MOTA, 2007).

Essas considerações se tornam importantes principalmente quando os casos de lesões acometem os praticantes da modalidade (LIMA, 1995; GREGO et al., 1999). No caso do balé, algumas características indicam os problemas encontrados com a realização dos movimentos, principalmente naqueles que dedicam um número maior de horas para as atividades. Para manter sua tradição, a dança clássica exige de seus praticantes habilidades motoras muito específicas e complexas com calçados que podem ser considerados rígidos, como as sapatilhas de ponta, introduzidas no balé clássico no Romantismo (1750-1850).

Além disso, desde essa época, as sapatilhas mantêm a sua composição original como cola, cetim, papéis especiais e palmilhas flexíveis, não oferecendo nenhum tipo de proteção para os pés contra forças externas (SOMMARCO; MILLER, 1982).

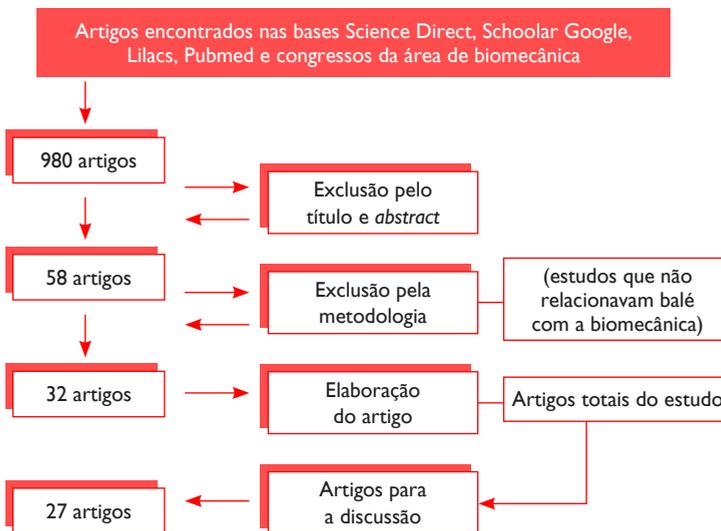
Segundo Picon et al. (2001), os problemas encontrados na modalidade relacionados à integridade física do praticante estão relacionados à falta de estudos principalmente com a utilização de calçados específicos e, ainda mais, à amplitude articular necessária para o desempenho dos movimentos que compõem o balé. Logo, as maiores atenções deveriam estar relacionadas à força de reação do solo (FRS) com utilização de diferentes tipos de calçados e às relações entre movimentos articulares e estabilidade corporal nos variados movimentos da modalidade. Esta revisão bibliográfica tem como objetivo identificar os estudos da biomecânica relacionados às lesões e ao equilíbrio postural no balé clássico.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram realizadas buscas de estudos relacionados à FRS durante a realização do balé, assim como à estabilidade corporal e às lesões nessa modalidade, nas seguintes bases de dados: Science Direct, Scholar Google, Lilacs, Pubmed e anais de congressos nacionais e internacionais na área de biomecânica. Os descritores utilizados combinados entre si para a busca dos artigos, de acordo com os descritores em ciências da saúde (DeCS), foram: FRS, equilíbrio postural, balé e biomecânica.

Dentre os artigos, selecionaram-se somente aqueles publicados em português e inglês, sem restrição ao ano de publicação. A Figura 1 ilustra a seleção de artigos e o número final utilizado para o desenvolvimento do presente estudo.

Figura 1
Procedimento utilizado para a seleção dos artigos



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para definir os artigos que fizeram parte do estudo, adotaram-se os seguintes critérios:

- estudo publicado em português ou inglês;
- textos que tratassem principalmente da força de reação vertical máxima durante os movimentos de balé, das relações dessa força com as sapatilhas utilizadas pelas bailarinas e das relações entre equilíbrio corporal, mobilidade articular e modalidade de balé;

- pesquisas feitas com indivíduos sem patologias;
- o número de indivíduos avaliados não foi considerado para a inclusão dos artigos.

Excluíram-se os estudos que tratassem de outras atividades de dança que não fossem relacionadas ao balé. Ao final, 35 estudos foram utilizados para a formulação do estudo. Das 35 produções científicas selecionadas, 16 são publicações nacionais e 19 internacionais. Desses, 27 atenderam a todos os critérios de inclusão e foram utilizados para a análise do estudo.

O Quadro I ilustra os autores, a amostra avaliada, o gênero e a idade dos participantes, e o instrumento utilizado para as coletas de dados de cada estudo.

Quadro I

Descrição dos autores, da amostra avaliada, do gênero e da idade dos participantes, e dos instrumentos utilizados para as coletas de dados de cada estudo

Autor	Amostra	Gênero	Idade	Instrumento de coleta
Wieczorek, Duarte e Amadio (1997)	10 indivíduos com experiência no step	F	Adultos	Plataforma de força
Kerrigan, Lelas e Karvosky (2001)	20 indivíduos saudáveis	F	–	Medição conjunta do torque
Teixeira et al. (2008)	12 professoras de hidroginástica	F	24 ± 5,20	Plataforma de força
Teixeira et al. (2009)	15 professoras de hidroginástica	F	24 ± 5,20	Plataforma de força
Dowdy et al. (1985)	28 bailarinas	F	25 a 44	Função cardiovascular e composição corporal
Simpson e Kanter (1997)	6 bailarinas	F	–	Plataforma de força
Souza et al. (2001)	7 bailarinas com pelo menos 10 anos de prática de balé	F	–	Dinâmica inversa
Picon et al. (2000)	1 professora de balé com mais de 8 anos de prática	F	23	Eletrogoniômetro, F-Scan e plataforma de força
Picon et al. (2001)	1 professora de balé com mais de 8 anos de prática	F	23	Eletrogoniômetro, F-Scan e plataforma de força
Picon et al. (2002)	1 professora de balé com mais de 8 anos de prática	F	23	F-Scan e plataforma de força
Picon et al. (2003)	1 professora de balé com mais de 8 anos de prática	F	23	F-Scan e plataforma de força
Laws e Petrie (1999)	7 bailarinas com experiência e um bailarino inexperiente	F	–	Plataforma de força
Hamilton et al. (1992)	28 bailarinas	F	–	Medidas antropométricas

(continua)

Quadro I

Descrição dos autores, da amostra avaliada, do gênero e da idade dos participantes, e dos instrumentos utilizados para as coletas de dados de cada estudo (continuação)

Autor	Amostra	Gênero	Idade	Instrumento de coleta
Pedersen et al. (1999)	23 bailarinas de flamenco	F	–	Dinamômetro
DiTullio et al. (1989)	30 bailarinas e 30 indivíduos que não praticam balé	F	14 a 18	Goniômetro
Góis, Cunha e Klassen (1998)	190 praticantes de balé e 208 não praticantes de balé	F	6 a 17	Goniômetro
Barnes et al. (2000)	14 bailarinas profissionais	F	–	Cinemática
McNitt-Gray, Koff e Hall (1992)	6 profissionais, 6 estudantes e 6 indivíduos que não praticavam dança	F e M	–	Cinemática e plataforma de força
Feipel et al. (2004)	17 bailarinas e 8 bailarinos com 15 anos de experiência	F e M	–	Cinemática
Shybut e Miller (2005)	Uma professora de balé	F	36	Avaliação médica
Woodhull-McNeal et al. (1990)	13 bailarinas adultas	F	–	Cinemática
Barcellos e Imbiriba (2002)	4 bailarinas profissionais	F	–	Plataforma de força e cinemática
Golomer et al. (1999)	13 bailarinos profissionais e 10 jogadores desportivos iniciantes	M	–	Plataforma de força
Golomer et al. (2007)	8 bailarinas e 7 mulheres que não praticam balé	F	–	Cinemática
Gerbino, Griffin e Zurakowski (2006)	32 bailarinas profissionais e 32 estudantes jogadoras de futebol	F	–	Esteira de pressão (Matscan)

F: gênero feminino, M: gênero masculino; (–) não informado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O BALÉ CLÁSSICO E AS FORÇAS ATUANTES NAS ARTICULAÇÕES

A dança é formada por diversos movimentos que seguem uma coreografia, normalmente realizada com música. Para seu desenvolvimento, fazem-se deslocamentos, saltos e giros. Nesse sentido, uma das variáveis inerentes desses movimentos é a FRS, que, quando muito intensa, torna-se um agravante para as condições de saúde e integridade física do praticante. O conhecimento da FRS pode ser determinante para estratégias de redução e controle da sobrecarga. Além disso, segundo

Wieczorek, Duarte e Amadio (1997), por meio da obtenção dos valores da FRS, é possível analisar determinados padrões das modalidades e também obter os indicadores dos níveis de sobrecarga a que os tecidos envolvidos são submetidos.

Atualmente existem estudos que relacionam a necessidade de utilização de um calçado adequado para a prática dos mais diferenciados esportes e modalidades (TEIXEIRA et al., 2009). A interface entre o segmento e o solo pode interferir também na magnitude dessas forças, e alguns trabalhos já verificaram a influência do tipo de calçado na força aplicada nas articulações dos membros inferiores (KERRIGAN; LELAS; KARVOSKY, 2001; TEIXEIRA et al., 2008).

Na dança, recomenda-se a manutenção de pelo menos um dos pés sempre no solo, para que os movimentos sejam considerados de baixo impacto (DOWDY et al., 1985). Porém, na prática, os movimentos têm grandes amplitudes que exigem deslocamentos verticais (saltos) com a maior distância possível do solo, principalmente quando se trata de profissionais. Na modalidade de balé, observa-se uma relação entre a magnitude das forças intra-articulares e a amplitude dos saltos, o que eleva o número de lesões crônicas e osteoartrites (SIMPSON; KANTER, 1997).

Sousa et al. (2001) estudaram as forças e os momentos articulares da potência muscular, por meio da dinâmica inversa, em saltos elementares do balé clássico. Ao analisarem as articulações separadamente, o tornozelo apresentou magnitudes do trabalho mecânico negativo (TMN) diferentes quando comparadas a outros saltos, independentemente de o tipo de sapatilha utilizado ser de ponta ou não. Mesmo não tendo sido avaliada a articulação do antepé, uma diminuição na sua amplitude de movimento deveria acarretar uma sobrecarga na articulação do tornozelo. O TMN nas articulações do joelho e tornozelo foi representativo do nível de atividade muscular nessas articulações e altamente relacionado com a técnica de amortecimento empregada nos saltos analisados (salto 1 – *sauté en cou-de-pied*; salto 2 – *glissad jeté*; salto 3 – *grand jet*). O estudo sugere que o tipo de sapatilha interfere na força aplicada nas articulações em determinados saltos, porém não no TMN. A magnitude da força aplicada nas articulações foi maior para o salto 3. Além disso, quando houve diferença entre o TMN do joelho e do tornozelo, esta foi maior para o joelho.

Em estudos relacionados aos esportes, verifica-se que, durante os movimentos de salto, podem ocorrer forças de reação vertical que superam até 20 vezes o peso corporal do indivíduo, trazendo consequências lesivas para os tecidos envolvidos que distribuem essas forças (AMADIO, 1996). No balé clássico, algumas observações com relação à FRS podem ser fonte de preocupações. Para Sousa et al. (2001), em determinados saltos, foram encontradas forças de impacto equivalentes a seis vezes o peso corporal do indivíduo, o que pode ser considerado como alto impacto.

O estudo da FRS também é importante para o conhecimento das magnitudes que envolvem os exercícios existentes e seus graus de dificuldade e para a otimização da habilidade motora em relação ao uso de movimentos de coreografias mais graciosas e ousadas (PICON et al., 2000).

A variável da FRS está associada ao acometimento de lesões em bailarinas, além do início precoce na modalidade e também o tempo de prática na dança. Além disso, as diferenças anatômicas e fisiológicas, como o nível de condicionamento físico, o alinhamento e a anatomia dos membros inferiores e uma frouxidão ligamentar generalizada, entre homens e mulheres, também foram citadas, sendo as mulheres aquelas que apresentam maior tendência em desenvolver lesões por superuso (MACHADO, 2006). Logo, a observação dos movimentos e de suas relações com as cargas impostas no corpo humano são importantes estratégias a serem verificadas para atenuar os problemas físicos existentes com a prática da dança. Além disso, conforme afirmações de Sousa et al. (2001), quando se considera a grande quantidade de repetições de saltos realizadas por bailarinas clássicas a cada ensaio, além das apresentações ao longo da carreira, é de grande relevância o estudo sobre o potencial lesivo nas articulações envolvidas com a prática.

No estudo de Picon et al. (2002), foi realizada uma avaliação chamada de grandezas dinâmicas que relaciona a FRS, pressão plantar e flexão articular do joelho em primeira posição e em posição em *point* com sapatilhas de pontas. Quando se compararam os movimentos estudados, observou-se que pequenos saltos podem produzir altos valores de pressão local e, conseqüentemente, gerar altas cargas sobre a parte anterior do pé. Os autores também apontam a questão das intensas sobrecargas externas quando bailarinas dançam com sapatilha de ponta, pois esse calçado pode ser um instrumento importante para o surgimento de lesões, uma vez que não é desenhado com a finalidade de proteger os pés contra qualquer tipo de estresse físico. Porém, o estudo de McNitt-Gray, Koff e Hall (1992) trouxe contribuições diferenciadas ao associar a influência do treinamento de dança à posição do pé na mecânica de aterrissagem. Segundo os dados dos autores, não existem diferenças significativas entre o pico vertical da FRS entre os grupos e a posição dos pés, nem entre a aterrissagem no salto em primeira posição paralela (dança moderna) e a primeira posição do balé. A partir dessas diferenças, Picon et al. (2002) salientam que a quantificação da sobrecarga nos movimentos de balé foi pouco explorada, faltando mais estudos para a prevenção de lesões nesse tipo de treinamento.

Picon et al. (2003) realizaram um estudo preliminar sobre a influência da sapatilha e do andamento musical no *sauté* em primeira posição, no qual foram encontrados valores de FRS próximos dos encontrados em análises de saltos de outros esportes que não foram identificados pelo estudo. No entanto, é sugerido que a

variação dos resultados depende da modalidade específica. Os autores indicaram a necessidade de um treinamento correto da técnica para evitar danos ao aparelho locomotor. Por exemplo, nos saltos, espera-se que o antepé receba maior pressão, por ser a região que chega primeiro ao solo depois da fase aérea do salto. Já em relação aos dois tipos de calçado analisados (sapatilha de ponta e de meia-ponta), observou-se que, para o calcanhar, a área de contato aumenta quando se usa a sapatilha de pontas, e, nas outras regiões do pé, não há um aumento representativo. Esses achados ocorrem devido ao formato da sapatilha que é inteiriço, o que gera uma colocação mais completa do pé no solo, diferentemente do solado dividido em gomos encontrado na sapatilha de meia-ponta.

Picon et al. (2001) também realizaram um estudo sobre sapatilhas de ponta visando ao conhecimento da componente vertical da FRS e dos picos de pressão plantar durante o movimento *sauté*. Os picos de pressão plantar mostraram-se muito inferiores nos calcanhares em relação às outras áreas do pé, devido a esta parte ser a última a aterrissar no solo após o salto. Após o estudo, foi concluído que, devido às forças verticais, as bailarinas são submetidas a intensas sobrecargas externas ao utilizarem sapatilhas de ponta, e o calçado é provavelmente um dos fatores que mais influenciam no surgimento de lesões. De forma geral, foram sugeridos novos estudos para que esse aspecto possa ser mais bem esclarecido, existindo a necessidade de uma análise quantitativa das sobrecargas presentes na dança clássica.

Em uma investigação realizada por Laws e Petrie (1999) sobre a dinâmica de transferência em movimentos de saltos verticais em bailarinos, foi percebido que o bailarino, ao elevar os braços durante o momento de impulsão, aumenta a altura do salto. Para as investigações, foram utilizados sete bailarinos treinados e um inexperiente. Foi verificado que, ao elevarem os braços durante a impulsão, a quantidade de movimento é armazenada e posteriormente transferida de volta para todo o corpo com a progressão do salto. Bailarinos com características físicas de mais força conseguiram uma melhor dinâmica no salto, exercendo uma força maior sobre o solo, do que aqueles considerados mais fracos. Além disso, tanto um aumento de tempo na duração da execução do salto quanto a magnitude de força do bailarino são fatores que podem contribuir para o aumento da altura do salto. Logo, as características corporais individuais são fatores a serem considerados na prática e podem ser associadas com os aspectos estéticos do movimento.

O BALÉ CLÁSSICO E AS LESÕES

Os movimentos corporais e as relações com as articulações também são alvos de estudos, uma vez que podem influenciar diretamente nas lesões. Góis, Cunha e

Klassen (1998) verificaram a influência da prática do balé nas rotações dos quadris, com crianças e adolescentes de 6 a 17 anos, e demonstraram que o balé clássico pode levar a alterações progressivas dos movimentos rotacionais das articulações coxofemorais, o que significa aumento da rotação externa e diminuição da rotação interna.

Ditullio et al. (1989) também obtiveram a mesma relação ao compararem a rotação do quadril de 30 bailarinas clássicas com 30 indivíduos que não praticavam dança, com idades entre 14 e 18 anos. Os autores utilizaram um goniômetro para avaliação das rotações interna e externa do quadril, conforme o protocolo de Norokin e White, durante todas as mensurações. Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Os resultados indicaram um aumento na rotação externa do quadril e uma diminuição na rotação interna nas bailarinas, considerando que as não praticantes tinham menor rotação externa do que rotação interna. A rotação de quadril entre bailarinas e não praticantes apresentou diferenças, o que pode ser um ponto fundamental e de propensão para a incidência de lesão nessa articulação.

Barnes et al. (2000) realizaram um estudo sobre a rotação externa do joelho durante o *grand plié* com 14 bailarinas clássicas profissionais, uma vez que essa posição tem um alto potencial de impacto e gera uma grande incidência de lesões aos praticantes de balé. Os resultados indicaram que os altos valores de rotação externa ocorrem no final do movimento, quando comparado a outros pontos do movimento do *plié*. As repetições excessivas dessa posição podem comprometer a estabilidade da articulação do joelho e, somadas ao longo do tempo com a fadiga muscular, levar a um aumento no risco de aparecimento de lesões nos meniscos quando a articulação se encontra em extrema flexão. Além disso, segundo os autores, investigar o efeito do uso repetido desse movimento em jovens bailarinos pode ser prudente para a prevenção de lesões das próximas gerações.

Feipel et al. (2004) identificaram a contribuição da coluna lombar para os movimentos do balé por meio da cinemática. Todos os bailarinos apresentavam histórias de dor e/ou ferimentos durante a carreira, e 43% relataram dor na região lombar e 40% no quadril. Constatou-se, por meio das variáveis cinemáticas, que as relações entre a postura e a coluna lombar não revelaram interações significativas, e concluiu-se que a flexibilidade do quadril, medida pela elevação dos membros inferiores durante o *développé à la seconde*, não está relacionada com a coluna lombar nesse exercício. Esse estudo sugeriu que, durante a execução dos movimentos do balé analisados, a movimentação do tronco é independente, sem grandes interações com o quadril.

Shybut e Miller (2005) realizaram um estudo de caso com uma professora de balé clássico de 36 anos, que apresentava inchaço na região posterior do maléolo

medial. Os movimentos de dorsiflexão e flexão plantar estavam dentro dos limites normais, mas a bailarina era incapaz de flexionar o antepé além de 30 graus. A bailarina também apresentou uma fraqueza significativa no metatarso – resultando na incapacidade de assumir a posição *en point* que requer excessiva flexão plantar no tornozelo com significativa força e coordenação – e dificuldades na posição *demi-point*, dada a amplitude limitada de movimento do metatarso. Os autores concluíram que, em casos semelhantes, é necessária uma intervenção cirúrgica, pois trata-se de procedimento mais seguro e eficaz para o restabelecimento da função normal dos sistemas afetados. Além disso, o estudo enfatizou que a prevenção e a intervenção médica precoce são essenciais para bailarinos profissionais, e o caso apresentado deve servir de exemplo para sensibilização e educação para prevenção de lesões em bailarino por meio do campo da medicina. Segundo os autores, os professores devem orientar os alunos a buscar atendimento médico adequado logo no início da lesão, pois o tratamento será mais rápido.

O estudo de Pedersen et al. (1999) sobre medidas de flexão plantar e de dorsiflexão em bailarinos de flamenco objetivou examinar a força exercida sobre o tornozelo em estudantes de flamenco e compará-las com dados similares aos praticantes de balé clássico. O propósito do estudo era compreender as técnicas e os movimentos do flamenco e verificar como eles podem intervir no aparecimento de lesões. As variáveis analisadas foram relacionadas à força máxima, à força mínima e à amplitude de movimentos por meio de um dinamômetro. Quando se compararam os resultados obtidos nesse estudo com os realizados por Hamilton et al. (1992) sobre praticantes de balé clássico, verificou-se que as bailarinas de flamenco apresentaram 50 graus de amplitude de movimento de flexão plantar; já em praticantes de balé, o resultado foi mais que o dobro (113 graus). Com relação à dorsiflexão, as bailarinas de flamenco apresentaram uma média de 7 a 13 graus, enquanto os praticantes de balé apresentaram 10 graus. Segundo os autores, essas diferenças indicam que uma extrema flexão plantar é crucial para a prática do balé clássico, ao passo que bailarinos de flamenco tendem a utilizar ambas as flexões dentro de uma faixa considerada normal. Logo, associa-se a amplitude articular com as questões de sobrecarga articular.

O BALÉ CLÁSSICO E O EQUILÍBRIO CORPORAL

Barcellos e Imbiriba (2002) avaliaram alterações posturais e do equilíbrio postural na primeira posição em ponta do balé clássico. Foram encontradas diferenças na velocidade média de deslocamento do centro de pressão na direção anteroposterior entre as situações em ponta e normal. Os autores relacionaram essas diferenças à diminuição da área de apoio e sugeriram que o equilíbrio teve alteração no plano

sagital em correspondência à diminuição da base de sustentação nessa direção. Na posição em ponta, também foi detectada uma exagerada flexão plantar na articulação do tornozelo, o que sugere uma maior eficiência na postura do equilíbrio, por meio de um maior alinhamento dos segmentos envolvidos. Os resultados desse estudo indicaram modificações do equilíbrio no plano sagital, já que uma maior eficiência no equilíbrio foi apresentada pelos indivíduos praticantes de balé quando comparados a não praticantes de balé.

Em um estudo realizado por Golomer et al. (1999), foi avaliada a contribuição visual para a oscilação corporal autoinduzida e frequências da percepção visual de bailarinos do sexo masculino. Para a realização do estudo, avaliaram-se 23 indivíduos: 13 bailarinos clássicos profissionais e 10 jogadores desportivos iniciantes. Primeiramente, avaliou-se o equilíbrio dinâmico, em que se utilizou uma plataforma livre e instável (com e sem visão); posteriormente, foi avaliado o nível de dependência do sistema visual. Os resultados demonstraram que os bailarinos profissionais foram significativamente mais estáveis e, por sua vez, menos dependentes da visão para o controle postural e para o controle proprioceptivo, quando comparados com indivíduos inexperientes. Profissionais de dança treinados fortalecem a entrada proprioceptiva durante o teste de equilíbrio, substituindo assim a dominância sensorio-motora da visão para a propriocepção.

Golomer et al. (2009) realizaram um estudo sobre rotações corporais durante a prática de especialistas no balé clássico, para verificar como a coordenação da articulação do ombro-quadril influencia no apoio das pernas em determinados deslocamentos. O estudo foi realizado com oito mulheres adultas bailarinas e sete mulheres inexperientes, e os ângulos entre a articulação ombro-quadril, em relação ao plano horizontal e aos deslocamentos da perna de apoio, foram analisados por meio da cinemática tridimensional. Os resultados encontrados apontaram para o desenvolvimento da cinestesia corporal em bailarinas, facilitando a coordenação do conjunto ombro-quadril, para que o equilíbrio, durante todas as fases de rotação, seja mantido. Assim, quando o ângulo ombro-quadril é reduzido, há uma melhora na coordenação, o que aumenta a estabilidade da perna de apoio em contato com o solo. Em participantes inexperientes, verificou-se a utilização do padrão do uso do tronco conjuntamente (ombro-quadril) apenas na realização das rotações. O treinamento diário, não apenas na dança, facilita a coordenação conjunta do ombro-quadril, mantendo assim o equilíbrio corporal.

Para comparar o equilíbrio entre diferentes grupos de estudantes, Gerbino, Griffin e Zurakowski (2006) realizaram um estudo com bailarinos do sexo feminino e jogadores de futebol, cujo objetivo era verificar se os grupos apresentavam diferentes habilidades de equilíbrio corporal, por meio de medições do deslocamento do centro de pressão. Os dançarinos tiveram escores significativamente maiores de

equilíbrio em cinco dos 20 testes aplicados. Portanto, foi sugerido que os bailarinos possuem certas habilidades de equilíbrio na posição em pé que são melhores do que as dos jogadores de futebol. As medições do centro de pressão dessa pesquisa podem ser utilizadas como uma ferramenta em futuros estudos que pretendam investigar o equilíbrio na posição em pé em diferentes grupos de atletas.

Woodhull-McNeal et al. (1990) realizaram um estudo para analisar o alinhamento postural em quatro posições comuns do balé: primeira paralela, primeira, terceira e quinta posições de 13 indivíduos adultos do sexo feminino de uma escola de dança. As variáveis analisadas foram: 1. localização anteroposterior conjunta de marcos específicos do corpo, 2. inclinação pélvica e 3. equilíbrio dos segmentos do corpo, avaliado por localizações dos centros de gravidade. Das quatro posições de dança estudadas, somente a primeira resultou num alinhamento linear dos segmentos corporais, enquanto, nas outras três posições, as bailarinas mantiveram posturas similares às de pessoas que não praticam dança. Contudo, as estudantes bailarinas apresentaram tipicamente ângulos reduzidos se comparados ao de pré-profissionais de balé, com destaque para as alterações em bailarinas profissionais. Em relação à inclinação pélvica, a quinta posição foi significativamente maior do que nas outras três. Nas outras três posições, apesar das diferenças na base de suporte, as bailarinas mantiveram posturas similares às de pessoas que não praticam balé.

CONCLUSÃO

A maioria das investigações deste estudo relacionadas ao balé clássico se preocupa com o estudo dos calçados utilizados nessa prática e os efeitos que estes podem causar ao corpo.

Notou-se que, durante a prática do balé, o antepé é a região que mais recebe pressões. Além disso, devido aos impactos de intensas sobrecargas quando se utilizam sapatilhas de ponta, há o surgimento de lesões osteomioarticulares, principalmente na articulação do joelho e na região dos dedos dos pés. As bailarinas apresentam maior rotação externa do quadril e uma menor rotação interna dessa articulação. Na posição de ponta, a articulação do tornozelo é submetida a uma flexão plantar de grande amplitude, portanto as bailarinas apresentam uma maior eficiência no controle do equilíbrio quando comparadas a não praticantes de balé de clássico. Também há a necessidade de flexibilidade nas articulações corporais, principalmente para a região do tornozelo, o que também é um fator de problemas musculoesqueléticos em praticantes de balé.

De forma geral, sugerem-se novos estudos com bailarinas de diferentes modalidades, utilizando-se diferentes métodos de instrumentação da biomecânica, para avaliar parâmetros cinemáticos, cinéticos, posturais e musculares. Os quais poderão

nos permitir quantificar a incidência de lesões nessa modalidade, relacionar a execução dos movimentos, as queixas musculoesqueléticas de dor e de desconforto. Desse modo, será possível realizar uma avaliação de quais tipos de intervenções terapêuticas mais se ajustam a esses bailarinos, criando assim diferentes estruturas de treinamentos para prevenção de lesão.

BIOMECHANICAL ANALYSIS RELATED INJURIES IN CLASSICAL BALLET

Abstract: This literature review aimed to describe biomechanical aspects of classical ballet in relationship to injuries and balance. It was found that during the ballet practice, the forefoot region of the foot that receives more pressures. Moreover, due to the impacts of heavy overloads by the use of ballet shoes, there is the appearance of myo-bone-joint injuries, especially in the knee joint and in the region of the toes. The dancers have greater hip external rotation and less internal rotation of this joint. At the tip position, the ankle joint is subjected to a wide range of plantar flexion, so the dancers have a higher efficiency in the control of balance when compared to non-practicing of classical ballet. Studies which perform biomechanical analyzes of classical ballet extremely important to quantify the incidence of lesions in this kind of dance and can thus carry out an assessment of what types of therapeutic interventions are most suitable for these dancers, and create different structures of training to prevent injuries.

Keywords: biomechanics; postural balance; classical ballet.

REFERÊNCIAS

AMADIO, A. C. Introdução aos fundamentos da biomecânica. In: AMADIO, A. C.; DUARTE, M. (Org.). **Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento**. São Paulo: Laboratório de Biomecânica da Eefe-USP, 1996. p. 9-58.

BARCELLOS, C.; IMBIRIBA, L. A. Alterações posturais e do equilíbrio corporal na primeira posição em ponta do balé clássico. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 16, n. 1, p. 43-52, 2002.

BARNES, M. A.; KRASNOW, D.; TUPLING, S. J.; THOMAS, M. Knee rotation in classical dancers during the grand plié. **Medical Problems of Performing Artists**, v. 15, n. 4, p. 140-147, 2000.

BERTONI, I. G. **A dança e a evolução, o ballet e seu contexto teórico: programação didática.** São Paulo: Tanz do Brasil; 1992.

DITULLIO, M.; WILCZEK, L.; PAULUS, D.; KIRIAKATIS, A.; POLLACK, M.; EISENHARDT, J. Comparisons of hip rotation in female classical ballet dancers versus female nondancers. **Medical Problems of Performing Artists**, v. 4, n. 4, p. 154-158, 1989.

DOWDY, D. B.; CURETON, K. J.; DUVAL, H. P.; OUZUS, H. Effects of aerobic dance and physical work capacity, cardiovascular function, and body composition of middle-aged women. **Research Quarterly for Exercise & Sport**, v. 56, n. 3, p. 227-233, 1985.

FEIPEL, V.; DALENNE, S.; DUGAILLY, P. M.; SALVIA, P.; ROOZE, M. Kinematics of the lumbar spine during classic ballet postures. **Medical Problems of Performing Artists**, v. 19, p. 174-180, 2004.

GERBINO, P. G.; GRIFFIN, E. D.; ZURAKOWSKI, D. Comparison of standing balance between female collegiate dancers and soccer players. **Gait & Posture**, v. 26, n. 4, p. 501-507, 2006.

GÓIS, E. J. A.; CUNHA, L. A. M.; KLASSEN, R. Influência da prática do balé nas rotações dos quadris: estudo realizado em crianças e adolescentes na faixa etária de 6 a 17 anos. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 33, n. 1, p. 20-24, 1998.

GOLOMER, E.; CRÉMICUX, J.; DUPUI, P.; ISABLEU, B.; OLMANN, T. Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. **Neuroscience Letters**, v. 267, n. 3, p. 189-192, 1999.

GOLOMER, E.; TOUSSAINT, Y.; BOUILLETTE, A.; KELLER, J. Spontaneous whole body rotations and classical dance expertise: how shoulder-hip coordination influences supporting leg displacements. **Journal of Electromyography & Kinesiology**, v. 19, n. 2, p. 314-321, 2009.

GREGO, L. G.; MONTEIRO, H. L.; PADOVANI, C. R.; GONÇALVES, A. Lesões na dança: estudo transversal híbrido em academias da cidade de Bauru. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 5, n. 2, p. 47-54, 1999.

HAMILTON, W.; HAMILTON, L.; MARSHALL, P.; MOLNAR, M. A profile of the musculoskeletal characteristics of elite professional ballet dancers. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 20, n. 3, p. 267-272, 1992.

KERRIGAN, D. C.; LELAS, J. L.; KARVOSKY, M. E. Women's shoes and knee osteoarthritis. **The Lancet**, v. 7, n. 357, p. 1097-1098, 2001.

LAWS, K.; PETRIE, C. Momentum transfer in dance movement-vertical jumps: a research update. **Medical Problems of Performing Artists**, v. 14, n. 3, p. 138-140, 1999.

LIMA, L. Dança como atividade física. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 1, n. 3, p. 94-96, 1995.

MACHADO, Y. F. **A análise biomecânica das lesões de joelho no ballet clássico profissional**: uma revisão bibliográfica. 2006. Monografia (Graduação em Fisioterapia)–Centro Universitário São Camilo, São Paulo, 2006.

MCNITT-GRAY, J. L.; KOFF, S. R.; HALL, B. L. The influence of dance training and foot position on landing mechanics. **Medical Problems of Performing Artists**, v. 7, n. 3, p. 87-91, 1992.

PEDERSEN, E. M.; WILMERDING, V.; MILANI, J.; MANCHA, J. Measures of plantar flexion and dorsiflexion strength in Flamenco dancers. **Medical Problems of Performing Artists**, v. 14, n. 3, p. 107-112, 1999.

PICON, A. P.; COSTA, P. H. L.; SACCO, I. C. N.; SERRÃO, J. C.; AMADIO, A. C. Influência da sapatilha e do andamento musical no sauté em primeira posição: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 4, n. 1, p. 69-74, 2003.

PICON, A.; COSTA, P. H. L.; SOUSA, F.; SACCO, I. C. N.; AMADIO, A. C. Biomechanical approach to ballet movements: a preliminary study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMECHANICS IN SPORTS, 18., 2000, Hong Kong. **Proceedings...** Hong Kong: The Chinese University of Hong Kong, 2000. p. 472-475.

PICON, A. P.; COSTA, P. H. L.; SOUSA, F.; SACCO, I. C. N.; AMADIO, A. C. Sapatilhas de ponta: uma avaliação de grandezas dinâmicas selecionadas da técnica clássica (parte II). **Revista Tecnicouro**, v. 22, n. 6, p. 80-84, 2001.

PICON, A. P.; COSTA, P. H. L.; SOUSA, F.; SACCO, I. C. N.; AMADIO, A. C. Biomecânica e “ballet clássico”: uma avaliação de grandeza dinâmica em primeira posição e da posição “em pointe” em sapatilhas de pontas. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 16, n. 1, p. 53-60, 2002.

SHYBUT, G.; MILLER, C. “Trigger toe” in a ballet dancer. **Medical Problems of Performing Artists**, v. 20, n. 2, p. 99-102, 2005.

SIMPSON, K. J.; KANTER, L. Jump distance of dance landings influencing internal joint forces: II shear forces. **Medicine & Science in Sports Exercise**, v. 29, n. 7, p. 928-936, 1997.

SOMMARCO, G. J.; MILLER, E. H. Forefoot conditions in dancers: part I. **Foot & Ankle**, v. 3, n. 2, p. 85-92, 1982.

SOUSA, F.; LOSS, J. F.; SOARES, D. P.; SCARRONE, F.; CARVALHO, J. M.; VILAS-BOAS, J. P. Força, momento articular e potência mecânica em saltos elementares do ballet clássico. In: CONGRESSO BRASILEIRO de BIOMECÂNICA, 9., 2001, Gramado. **Anais...** Gramado: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 143-148.

TEIXEIRA, C. S.; MOTA, C. B. A biomecânica e a Educação Física. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, Buenos Aires, v. 12, n. 113, 2007.

TEIXEIRA, C. S.; PEREIRA, É. F.; LOPES, L. F. D.; MOTA, C. B. Análise cinética do movimento *twist* com utilização de diferentes tênis e cadências. **Arquivos em Movimento**, v. 4, n. 2, p. 45-55, 2008.

TEIXEIRA, C. S.; PEREIRA, É. F.; LOPES, L. F. D.; MOTA, C. B.; ISRAEL, V. L. Influência de diferentes superfícies e do calçado na força de reação do solo na demonstração de exercícios de hidroginástica. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 10, p. 44-53, 2009.

WIECZOREK, A. S.; DUARTE, M.; AMADIO, A. C. Estudo da força reação do solo no movimento básico de “step”. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 11, n. 2, p. 103-115, 1997.

WOODHULL-MCNEAL, A. P.; CLARKSON, P. M.; JAMES, R.; WATKINS, A.; BARRETT, S. How linear is dancers' posture? **Medical Problems of Performing Artists**, v. 5, n. 4, p. 151-154, 1990.

Contato

Patrícia Paludette Dorneles
E-mail: patriciapaludette@gmail.com

Tramitação

Recebido em 10 de setembro de 2012
Aceito em 7 de junho de 2013