

BRUNO DAYRELL DA COSTA PAES

EFEITO DE EXERCÍCIOS DE FORTALECIMENTO MUSCULAR E
TREINO FUNCIONAL ENVOLVENDO AS REGIÕES DE QUADRIL E
TRONCO SOBRE A CINEMÁTICA DOS MEMBROS INFERIORES
DURANTE A REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES FUNCIONAIS: UMA
REVISÃO DA LITERATURA.

Belo Horizonte

2011

BRUNO DAYRELL DA COSTA PAES

EFEITO DE EXERCÍCIOS DE FORTALECIMENTO MUSCULAR E
TREINO FUNCIONAL ENVOLVENDO AS REGIÕES DE QUADRIL E
TRONCO SOBRE A CINEMÁTICA DOS MEMBROS INFERIORES
DURANTE A REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES FUNCIONAIS: UMA
REVISÃO DA LITERATURA.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Fisioterapia com ênfase em Ortopedia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia com ênfase em Ortopedia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Teixeira da Fonseca

Co-orientadores: Vanessa Lara de Araújo,
Viviane Otoni do Carmo Carvalhais

Belo Horizonte

2011

B126e Paes, Bruno Dayrell da Costa
2011 Efeito de exercícios de fortalecimento muscular e treino funcional envolvendo as regiões de quadril e tronco sobre a cinemática dos membros inferiores durante a realização de atividades funcionais: uma revisão da literatura. [manuscrito] / Bruno Dayrell da Costa Paes – 2011.
22f., enc.

Orientadora: Sérgio Teixeira da Fonseca

Especialização (monografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 18-22

1. Membros Inferiores. 2. Articulação de Quadril. 3. Quadril. 4. Músculos. I. Fonseca, Sérgio Teixeira da. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.015

Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

RESUMO

Introdução: Movimentos excessivos de adução e rotação medial de quadril, abdução de joelho, rotação medial de tibia e pronação da articulação subtalar têm sido associados à ocorrência de lesões nos membros inferiores (MMII), tais como síndrome da dor patelofemoral, ruptura do ligamento cruzado anterior, síndrome do piriforme, síndrome da banda iliotibial, dentre outras. Estudos recentes evidenciam que uma adequada força dos músculos do quadril e tronco seria requerida para prevenção e reabilitação dessas lesões. Portanto, torna-se necessário investigar a eficácia de intervenções direcionadas para reduzir os movimentos excessivos dos MMII nos planos frontal e transversal. **Objetivo:** Realizar uma revisão crítica da literatura sobre o efeito de exercícios de fortalecimento muscular e treino funcional envolvendo as regiões de quadril e tronco sobre a cinemática dos MMII nos planos frontal e transversal durante a realização de atividades funcionais. **Metodologia:** Uma busca bibliográfica nas bases de dados eletrônicas Medline, PEDro e Scielo foi realizada durante o período de maio a outubro de 2011. As palavras chaves utilizadas foram: fortalecimento muscular; treino de força; extremidade inferior; membros inferiores; cinemática; biomecânica; alinhamento; análise de movimento (strength training; resistance training; lower extremity; lower limb; kinematics; biomechanics; alignment; motion analyses). Foram selecionados artigos nos idiomas inglês e português e não houve restrições referentes à data de publicação dos artigos. **Resultados e Discussão:** Foram selecionados 19 artigos, sendo quatro ensaios clínicos aleatorizados, 13 quasi-experimentais e dois relatos de casos. Considerando todos os estudos selecionados, cinco realizaram o fortalecimento muscular isolado envolvendo quadril e/ou tronco e 14 realizaram treinamento neuromuscular (TNM) associado ao fortalecimento muscular isolado. Os estudos demonstram resultados controversos em relação ao efeito do fortalecimento isolado envolvendo os músculos do quadril e tronco sobre a cinemática de MMII. Considerando que a cinemática de MMII não depende somente da força muscular de quadril, outros fatores não controlados nos estudos, como alinhamento anatômico do pé e rigidez passiva do quadril que também exercem influência sobre a cinemática de MMII, poderiam justificar os resultados controversos. De uma maneira geral, os estudos que realizaram exercícios em cadeia cinemática fechada de MMII

apresentaram resultados mais positivos em comparação àqueles que utilizaram apenas exercícios em cadeia cinemática aberta. Além disso, os dois estudos que incluíram o fortalecimento de musculaturas do tronco no protocolo de intervenção evidenciaram mudanças no padrão de movimento dos MMII. Já os estudos que associaram o TNM ao fortalecimento muscular isolado envolvendo as regiões de quadril e tronco demonstraram ser eficazes em alterar a cinemática de MMII nos planos frontal e/ou transversal. O TNM ou treino funcional parece possibilitar a criação de situações que permitem o indivíduo explorar as diversas possibilidades de ação em um determinado contexto, facilitando o surgimento de novos padrões de movimento. **Conclusão:** Exercícios de fortalecimento isolado das musculaturas do quadril nem sempre são efetivos para modificar o padrão de movimento dos MMII durante a realização de atividades funcionais. No entanto, quando esses exercícios são realizados em associação ao fortalecimento de músculos do tronco ou a TNM, essas intervenções demonstram-se eficazes em modificar a cinemática dos MMII.

Palavras-chave: cinemática, membros inferiores, fortalecimento muscular, treino funcional.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	5
2 – METODOLOGIA.....	8
3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1 – Fortalecimento muscular isolado.....	9
3.2 – Treinamento neuromuscular associado ao fortalecimento muscular isolado....	12
4 – CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

1 - INTRODUÇÃO

A baixa capacidade de controle dos movimentos dos membros inferiores (MMII) nos planos frontal e transversal durante a realização de atividades funcionais é considerada um possível fator contribuinte para lesões no sistema musculoesquelético¹. Especificamente, excessiva adução e rotação medial de quadril, abdução de joelho, rotação medial da tíbia e pronação da articulação subtalar têm sido associados à ocorrência de lesões por *overuse* nos MMII². Essas disfunções de movimento podem estar relacionadas a lesões como síndrome da dor patelofemoral (SDPF), ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA), síndrome do piriforme, síndrome da banda iliotibial, dentre outras. Estima-se que a lesão do LCA tenha incidência de 1 em cada 3000 pessoas por ano nos Estados Unidos. Além da alta ocorrência, o elevado custo econômico e a possível incapacidade funcional a longo prazo tornam essa patologia uma preocupação significativa para o sistema de saúde³. Hewett *et al.*⁴ demonstraram que a presença de valgismo dinâmico de joelho é um importante preditor para ruptura do LCA, uma vez que movimentos excessivos dessa articulação nos planos frontal e transversal aplicam tensões elevadas sobre esse ligamento⁵. Além disso, o valgismo pode aumentar a sobrecarga nas estruturas da articulação patelofemoral, tais como retináculos, cartilagem e coxim adiposo, predispondo o desenvolvimento da SDPF⁶. Essa é a patologia dos MMII mais comumente encontrada por fisioterapeutas que atuam na área de ortopedia⁷. Dessa forma, considerando que padrões atípicos de movimento estão relacionados a lesões musculoesqueléticas, identificar os fatores associados a essas disfunções de movimentos é a base para um tratamento eficaz e, conseqüentemente, para o estabelecimento de programas de prevenção dessas lesões.

Durante a realização de movimentos em cadeia cinemática fechada (CCF), os movimentos das articulações dos MMII parecem ocorrer de maneira interdependente^{8,9}. Souza *et al.*⁹ observaram que a inversão do retropé e a rotação lateral da tíbia são relativamente sincrônicas com a rotação lateral do quadril durante a fase de apoio da marcha e que a eversão do retropé e a rotação medial da tíbia são relativamente sincrônicas com a rotação medial do quadril. Além disso, esses autores observaram uma tendência de indivíduos com pronação aumentada da

articulação subtalar apresentarem maior rotação medial de quadril. Esses resultados indicam uma interdependência da cadeia cinemática dos MMII e o acoplamento entre o retopé e o quadril. Nesse contexto, torques produzidos pela articulação do quadril poderiam repercutir na cinemática de todo o MI.

Um dos fatores que poderia levar a disfunções de movimento no quadril, joelho e tornozelo-pé nos planos frontal e transversal é a fraqueza de músculos da região do quadril e tronco ^{2,10,11}. As alterações de movimento relacionadas ao valgismo dinâmico do joelho, tais como o aumento da adução e rotação medial do quadril e a pronação excessiva da subtalar, podem ocorrer devido à fraqueza dos músculos rotadores laterais e abdutores do quadril, principalmente, o glúteo máximo e médio ¹². Jacobs *et al.* ¹³ demonstraram moderada correlação entre pico de torque de abdutores de quadril de mulheres saudáveis e valgo de joelho. Dierks *et al.* ¹⁴ identificaram redução significativa de força de abdutores de quadril em corredores com SDPF quando comparados com corredores sem SDPF. Esses autores demonstraram forte correlação entre a redução de força dessa musculatura e o aumento de adução de quadril durante a corrida. Além disso, Zazulak *et al.* ¹⁵ demonstraram que déficits no controle de tronco são preditores de lesões no joelho. Esses estudos reforçam a hipótese de que uma fraqueza das musculaturas do quadril e tronco pode influenciar o padrão de movimento dos MMII. Porém, outros estudos demonstraram uma desconexão entre a força da musculatura do quadril e o movimento dos MMII ^{6, 16}. Além da controvérsia, os tipos de desenhos de estudos apresentados acima não permitem estabelecer uma relação de causa e efeito entre esses fatores. Estudos de desenho experimental seriam mais adequados para estabelecer essa relação.

Considerando a possível relação da força das musculaturas do quadril e tronco com a cinemática dos MMII, é possível que intervenções direcionadas para o fortalecimento dessas musculaturas sejam eficazes em modificar o padrão de movimento dos MMII. Além disso, alguns autores sugerem que somente o fortalecimento isolado dessas musculaturas não seja suficiente para alterar a cinemática dos MMII e apontam a necessidade do treino funcional ^{17,18}. Assim, devido à relevância de estabelecer a eficácia dessas intervenções, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão crítica da literatura sobre o efeito de exercícios de fortalecimento muscular e treino funcional envolvendo as regiões de

quadril e tronco sobre a cinemática dos MMII nos planos frontal e transversal durante a realização de atividades funcionais.

2 – METODOLOGIA

O trabalho consistiu em uma busca bibliográfica nas bases de dados eletrônicas Medline, PEDro e Scielo. A busca dos artigos foi realizada durante o período de maio a outubro de 2011. As palavras-chave utilizadas para realização desta revisão foram: fortalecimento muscular; treino de força; extremidade inferior; membros inferiores; cinemática; biomecânica; alinhamento; análise de movimento (strength training; resistance training; lower extremity; lower limb; kinematics; biomechanics; alignment; motion analyses). A mesma estratégia de busca foi utilizada em todos os bancos de dados pesquisados. Foram selecionados artigos nos idiomas inglês e português e não houve restrições referentes à data de publicação dos artigos.

Os critérios de inclusão para os estudos foram: ser classificado como ensaio clínico aleatorizado, estudo quasi-experimental, estudo experimental de caso único ou relato de caso; apresentar intervenções de fortalecimento ou treino funcional que envolvia as regiões de quadril e/ou tronco de indivíduos com ou sem patologias no sistema musculoesquelético e apresentar análise cinemática de MMII nos planos frontal e/ou transversal. Foram excluídos os estudos realizados em crianças ou idosos. Os resumos dos estudos pré-selecionados pelo título foram lidos e analisados. Aqueles cujos resumos indicavam estar de acordo com os critérios de inclusão e exclusão foram lidos na íntegra. A partir da leitura das versões completas, estudos foram descartados por ainda não atenderem a todos os critérios. A lista de referências bibliográficas dos artigos selecionados também foi rastreada com a finalidade de selecionar artigos que não tenham sido encontrados no processo de busca eletrônica.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados 19 artigos, sendo quatro ensaios clínicos aleatorizados, 13 quasi-experimentais e dois relatos de casos. O baixo número de ensaios clínicos aleatorizados encontrados demonstra que o assunto tratado nesta revisão não está adequadamente investigado para permitir a elaboração de um estudo de meta-análise ou uma revisão sistemática. Dezesesseis estudos foram realizados com indivíduos saudáveis, enquanto três incluíram voluntários com alguma patologia no sistema musculoesquelético. Considerando todos os estudos selecionados, cinco realizaram o fortalecimento isolado de músculos do quadril e/ou tronco e 14 realizaram treinamento neuromuscular (TNM) associado ao fortalecimento muscular isolado.

O TNM ou treino funcional envolve a execução da própria atividade em que se objetiva a melhora do padrão de movimento. Nesse treinamento, são utilizadas instruções verbais ou visuais (*feedback*) que orientam o indivíduo sobre qual é o padrão de movimento típico para realização da tarefa.

3.1 – Fortalecimento muscular isolado

Foram selecionados cinco estudos que investigaram o efeito do fortalecimento isolado dos músculos do quadril e/ou tronco sobre a cinemática dos MMII.

Synder *et al.* (2009) ¹ observaram redução significativa de eversão da articulação subtalar e uma redução não estatisticamente significativa na média de rotação medial de quadril em 15 mulheres saudáveis durante a corrida, após fortalecimento de abdutores e rotadores laterais do quadril em CCF por seis semanas. Além disso, ao contrário da hipótese dos autores, houve um aumento significativo da adução do quadril. Já nas outras variáveis medidas, ângulo de abdução de joelho e ângulo de eversão no contato inicial, não houve alterações significativas. Esse estudo demonstra a interdependência entre as articulações do

quadril e do pé, uma vez que o fortalecimento de músculos proximais alterou a cinemática distalmente.

Contrastando com o desfecho apresentado por Synder *et al.* (2009) ¹, Willy *et al.* (2011) ¹⁸, em um ensaio clínico aleatorizado, avaliaram o efeito do fortalecimento de abdutores e rotadores laterais do quadril em cadeia cinemática aberta (CCA), evoluindo para CCF em 20 corredores do sexo feminino durante a corrida e a tarefa de descida de degrau. Foi observada redução significativa da rotação medial e adução de quadril e da queda pélvica contralateral somente na tarefa de descida de degrau, a qual os participantes do estudo foram treinados e orientados sobre a técnica correta. Diferentemente ao estudo de Snyder, este não apresentou como critério de exclusão indivíduos com *navicular drop test* acima de 10 mm, ou seja, a amostra pode ter incluído indivíduos que apresentavam pronação excessiva na articulação subtalar. Dessa forma, como a cinemática dos MMII é dependente de vários fatores e não somente da força da musculatura do quadril, a pronação excessiva, por exemplo, poder ter influenciado a ausência de efeito observada na cinemática dos MMII durante a corrida. Além disso, os autores apontam para a necessidade do TNM associado ao fortalecimento para que mudanças no padrão de movimento sejam observadas.

Em um ensaio clínico aleatorizado, Nyland *et al.* (2011) ²⁰ investigaram o efeito de um treinamento rotacional de tronco e MMII realizado em nove sessões sobre a cinemática de MMII durante a aterrissagem lateral com apoio unipodal em 18 indivíduos jovens saudáveis. A intervenção envolveu exercícios concêntricos e excêntricos de rotação de tronco e MMII sobre um aparelho no qual a resistência era aplicada sobre a região superior do tronco. Os autores observaram aumento estatisticamente significativo do período de tempo entre o primeiro e segundo pico de deslocamento do joelho no plano frontal e apontaram essa alteração como resultado da menor velocidade de flexão do quadril e joelho apresentada pelos indivíduos após a intervenção. Além disso, foi assumido que essa menor velocidade representa uma melhora do controle dos MMII durante a realização da tarefa.

Ao contrário de Nyland *et al.* (2011) ¹⁹, Herman *et al.* (2008) ¹⁷, em um ensaio clínico aleatorizado, não demonstraram alterações estatisticamente significativas da cinemática de joelho e quadril nos planos frontal e transversal durante o *stop jump task* em 33 atletas amadores do sexo feminino após nove semanas de intervenção. O fortalecimento dos músculos quadríceps, isquiossurais,

glúteo médio e glúteo máximo foi realizado somente em CCA, sendo observado aumento de força significativo para todos os músculos. Além disso, o fortalecimento do músculo glúteo máximo foi realizado apenas por meio do exercício de extensão de quadril. Porém, devido às orientações das fibras do glúteo máximo, o fortalecimento desse músculo por meio do movimento de rotação lateral do quadril seria mais indicado para potencializar sua ação no controle da cinemática do quadril no plano transversal. Outro fator que pode ter influenciado diretamente no desfecho do estudo (redução não significativa do valgo de joelho no grupo intervenção) foi que o grupo submetido à intervenção apresentou pequeno valgo dinâmico de joelho na avaliação pré-intervenção, o que reduz a chance de serem encontradas mudanças significativas na avaliação pós-intervenção.

Ferber *et al.* (2011) ²⁰ também não observaram alterações do pico de valgismo de joelho durante a corrida em 15 indivíduos com SDPF submetidos a um treino de força para abdutores do quadril durante três semanas. Foi observada apenas redução significativa na variabilidade dos movimentos do joelho no plano frontal. No entanto, foram realizados somente dois exercícios em CCA para os músculos abdutores do quadril. Apesar do aumento estatisticamente significativo da força desses músculos, a força não é a única variável responsável para o controle da cinemática de MMII. Além disso, o pequeno período da intervenção, possivelmente, não foi suficiente para induzir alterações teciduais no sistema musculoesquelético.

Os estudos demonstram resultados controversos em relação ao efeito do fortalecimento isolado envolvendo os músculos do quadril e tronco sobre a cinemática de MMII. Considerando que a cinemática dos MMII não depende apenas da força muscular do quadril, outros fatores que não foram controlados nos estudos, tais como o alinhamento anatômico do pé e a rigidez passiva do quadril, também exercem influência sobre a cinemática dos MMII e, portanto, podem justificar os resultados controversos. De uma maneira geral, os estudos que realizaram exercícios em CCF de MMII apresentaram resultados mais positivos em comparação àqueles que utilizaram apenas exercícios em CCA. Além disso, os dois estudos que incluíram o fortalecimento de musculaturas do tronco no protocolo de intervenção evidenciaram mudanças no padrão de movimento dos MMII. Por fim, mudanças no padrão de movimento são consequências de mudanças na interação do indivíduo com o ambiente e a tarefa realizada e, assim, a intervenção em somente um desses aspectos pode não resultar em alterações no padrão de movimento. Dessa forma,

todos os fatores que possam influenciar no surgimento de padrões atípicos de movimento, seja em relação ao indivíduo, ambiente ou tarefa, devem ser identificados e devidamente corrigidos.

3.2 – TNM associado ao fortalecimento muscular isolado

Foram selecionados 14 estudos que investigaram o efeito do TNM associado ao fortalecimento isolado dos músculos do quadril e/ou tronco sobre a cinemática dos MMII.

Em relatos de casos, Tonley *et al.* (2010)²¹ e Mascal *et al.* (2003)²² avaliaram o efeito de fortalecimento dos músculos abdutores, extensores e rotadores laterais do quadril e músculos do tronco na cinemática de MMII na tarefa de descida de degrau em um indivíduo com síndrome do piriforme²¹ e em dois indivíduos com SDPF²². Os exercícios foram evoluídos de CCA para CCF, progredindo para TNM. Instruções a respeito da maneira correta de executar a tarefa de descida de degrau e *feedback* verbal e visual foram passadas aos pacientes. Foram observadas redução de rotação medial e adução de quadril em ambos os estudos e redução da queda pélvica no estudo de Mascal. No entanto, as instruções e o *feedback* passados aos pacientes representam um fator de confusão, já que não se pode confirmar se as mudanças de movimento do quadril e pelve foram devido às instruções ou ao ganho de força muscular. Além disso, esses tipos de desenhos de estudo apresentam baixa validade interna por não realizar uma análise estatística inferencial dos dados e baixa validade externa, uma vez que o pequeno tamanho amostral limita a generalização dos resultados.

A tarefa descida de degrau também foi avaliada por Olson *et al.* (2011)²³ para investigar o efeito do fortalecimento muscular e do TNM em 18 mulheres fisicamente ativas, jovens e saudáveis sobre a biomecânica de MMII. O protocolo de intervenção foi realizado por quatro semanas e consistiu em treino de força de MMII em CCF e *feedback* verbal e visual durante a atividade descida de degrau. Foram observadas redução do ângulo de projeção do joelho no plano frontal (2D) e redução da adução e rotação interna do fêmur (3D). Ao contrário do esperado, foi

evidenciado aumento da adução do quadril e da queda pélvica contralateral. Os autores justificam esses desfechos não esperados no plano frontal pelo aumento do ângulo de flexão de quadril que, ao colocar o músculo glúteo médio em desvantagem mecânica, resultou no aumento da queda pélvica contralateral, ocasionando adução do quadril, mesmo havendo redução da adução do fêmur. Além disso, não foi evidenciada redução estatisticamente significativa na média de rotação medial do quadril. Os autores justificam a ausência de efeito significativo a possíveis erros na colocação dos marcadores na pele, ao movimento destes na pele e à variabilidade da avaliação no plano transversal.

Diversos estudos investigaram o efeito do TNM associado ao fortalecimento muscular isolado e *feedback* sobre a cinemática de MMII nos planos frontal e transversal em atletas durante tarefas de salto^{24,25,26,27,28,29}. Greska *et al.* (2011)²⁴ e Herrington *et al.* (2010)²⁵ observaram redução do valgo dinâmico de joelho após protocolos de intervenção de 10 e quatro semanas, respectivamente. Noyes *et al.* (2005)²⁶, (2011)²⁷ e Barendrecht *et al.* (2011)²⁸ observaram aumento da distância de separação absoluta e normalizada dos joelhos após um protocolo de intervenção de seis e 10 semanas, respectivamente. Neste último, o grupo controle manteve seu treinamento regular, o que possibilita inferir que realmente o desfecho foi devido à intervenção. No entanto, o método utilizado para avaliar o valgo de joelho nesses estudos não foi o mais adequado, uma vez que as diferenças encontradas podem ter sido influenciadas pela mudança do posicionamento dos pés no chão nas avaliações pré e pós-intervenção. Pollard *et al.* (2006)²⁹ observaram redução de rotação medial e adução de quadril após a intervenção realizada durante toda temporada. No entanto, não foi observada redução significativa do valgo de joelho. Tendo em vista que a amostra apresentava pequeno valgo dinâmico de joelho na avaliação pré-intervenção, alterações da cinemática do joelho no plano frontal seriam dificilmente evidenciadas. Além disso, os autores apontam que tarefas com uma maior demanda, como a aterrissagem do salto em apoio unipodal, seriam necessárias para resultar em mudanças aparentes na cinemática dos joelhos.

Com o objetivo de comparar os efeitos do TNM e do treino de equilíbrio sobre a cinemática dos MMII durante o *drop vertical jump* e o *medial drop jump*, Myer *et al.* (2006)³⁰ submetem oito atletas do sexo feminino ao TNM e 10 ao treino de equilíbrio por sete semanas. Tanto o grupo submetido ao treino de equilíbrio quanto o grupo submetido ao TNM realizaram treino de força (tronco,

quadril, MMII e MMSS), foram instruídos sobre a maneira correta de executar as atividades e receberam *feedback* verbal durante suas execuções. Ambos os grupos, após o treinamento, apresentaram redução do ângulo máximo de adução de quadril, eversão da subtalar e abdução de joelho, demonstrando a eficácia de ambas as intervenções para redução do valgo dinâmico do joelho.

Em um ensaio clínico aleatorizado, Kato *et al.* (2008)³¹ investigaram o efeito do TNM sobre a cinemática dos MMII em 10 atletas de basquete do sexo feminino durante o “*sink ten shot*” (“cesta de 3 pontos”). O grupo intervenção foi submetido a exercícios de salto, agachamento, treino de equilíbrio, orientação sobre a execução correta da tarefa por meio de *feedback* verbal e visual por quatro semanas. O grupo controle continuou somente com a prática do esporte. Foi observado redução do ângulo do joelho no plano frontal e redução da torção do joelho no plano transversal somente no grupo intervenção, demonstrando a eficácia do TNM para alteração da cinemática de MMII nos planos frontal e transversal.

Ao contrário do estudo de Kato *et al.* (2008)³¹, Chappell *et al.* (2008)³² não observaram alterações da cinemática de pelve, quadril e joelho nos planos frontal e transversal durante o *stop jump task* e o *vertical stop jump* em 30 atletas de futebol e basquete do sexo feminino submetidos a um TNM. O treinamento foi realizado por 10 a 15 minutos, seis vezes por semana, durante seis semanas. Porém, o estímulo da intervenção realizada no estudo pode não ter sido o suficiente para resultar em alterações no sistema musculoesquelético, não produzindo, assim, alterações na cinemática dos MMII nos planos frontal e transversal.

Devido ao baixo estímulo da intervenção, Lephart *et al.* (2005)³³ também não observaram efeitos de um programa de treino pliométrico e de força de MMII e tronco por oito semanas sobre a biomecânica do quadril e joelho no plano frontal durante o *jump landing task* em atletas do sexo feminino. Os autores aleatorizaram 14 atletas para um grupo submetido a um treino pliométrico associado ao treino de força e 13 para um grupo submetido somente ao treino de força. Os resultados apresentados não indicaram alterações estatisticamente significativas para ambos os grupos. O treino pliométrico iniciou-se apenas a partir da quarta semana. Além disso, o treino de força incluiu exercícios com apenas uma série de 20 repetições (nas primeiras quatro semanas) e uma série de 30 repetições (nas últimas quatro semanas) e o treino pliométrico incluiu exercícios com apenas uma série de 10 repetições. A ausência de diferença de força (abdutores de quadril, flexores e

extensores de joelho) significativa em ambos os grupos pré e pós-intervenção demonstra que as intervenções propostas não foram suficientes para induzir modificações teciduais no sistema musculoesquelético.

Herman *et al.* (2009)³⁴ investigaram o efeito do fortalecimento isolado de músculos dos MMII associado ao treino da tarefa com *feedback* e o efeito somente do treino da tarefa com *feedback* em atletas do sexo feminino no *vertical drop jump* e no *medial drop jump* sobre a biomecânica de quadril e joelho. O treino de força envolveu exercícios que foram realizados em CCA para os músculos glúteo máximo, glúteo médio, quadríceps e isquiossurais. Após nove semanas de intervenção, somente o grupo submetido ao de treino de força associado ao *feedback* apresentou aumento de força significativo para os quatro músculos e aumento significativo do ângulo de abdução de quadril, não apresentando alterações significativas de valgo de joelho. Esse estudo demonstra que somente o *feedback* não foi eficaz para mudar cinemática de MMII no plano frontal. Destaca-se que o protocolo de *feedback* foi realizado apenas em três sessões. Dessa forma, sua aplicação por um período maior poderia torná-lo eficaz em reduzir o valgismo dinâmico de joelho.

Os estudos que associaram o TNM ao fortalecimento muscular isolado demonstraram ser eficazes em alterar a cinemática do quadril e joelho nos planos frontal e/ou transversal. No entanto, poucos estudos investigaram o efeito dessa intervenção na articulação subtalar. O treinamento de força dos músculos isolados pode não garantir que eles sejam recrutados corretamente durante as atividades funcionais. Por outro lado, o TNM ou treino funcional possibilita a criação de situações que permitem o indivíduo explorar as diversas possibilidades de ação naquele contexto, facilitando o surgimento de novos padrões de movimento. Mudanças na estrutura e função corporal não são linearmente ou diretamente relacionadas a modificações em padrões de movimento³⁵, por isso a necessidade do treino funcional para otimizar as mudanças adquiridas com o treino de força. Além disso, destaca-se que em algumas situações, como em casos de processos patológicos já instalados, mudanças nas propriedades do tecido acometido podem ser necessárias antes da realização de treinos funcionais.

Embora os estudos que associaram o TNM ao fortalecimento muscular isolado tenham revelado mudanças na cinemática de MMII, um *follow-up* seria necessário para confirmar se as alterações foram realmente incorporadas ao padrão de movimento dos indivíduos durante a realização de atividades cotidianas, ou se a

melhora observada logo após as intervenções foram atingidas somente devido à intenção dos indivíduos de controlar conscientemente o movimento na condição de teste.

4 – CONCLUSÃO

Os resultados apresentados nesta revisão demonstram controvérsia sobre o efeito de fortalecimento muscular isolado envolvendo as regiões de quadril e tronco sobre a cinemática de MMII nos planos frontal e/ou transversal. De uma maneira geral, os resultados demonstram que exercícios de fortalecimento isolado das musculaturas do quadril nem sempre são efetivos para modificar o padrão de movimento dos MMII durante a realização de atividades funcionais. No entanto, quando esses exercícios são realizados em associação ao fortalecimento de músculos do tronco essas intervenções parecem eficazes em modificar a cinemática dos MMII. Considerando que a cinemática de MMII não depende somente da força muscular de quadril, outros fatores não controlados nos estudos, como alinhamento anatômico do pé e rigidez passiva do quadril que também exercem influência sobre a cinemática de MMII, poderiam justificar os resultados controversos. Destaca-se que os estudos que realizaram exercícios em CCF de MMII apresentaram resultados mais positivos em comparação àqueles que utilizaram apenas exercícios em CCA. Já os estudos que associaram o TNM ao fortalecimento muscular isolado envolvendo as regiões de quadril e tronco demonstraram ser eficazes em alterar a cinemática de MMII nos planos frontal e/ou transversal durante a execução de atividades funcionais. Por fim, uma vez que padrões de movimento emergem da interação entre indivíduo, ambiente e tarefa, a intervenção em somente um desses aspectos pode não resultar em alterações no padrão de movimento. Dessa forma, todos os fatores que possam influenciar no surgimento de padrões atípicos de movimento, seja em relação ao indivíduo, ambiente ou tarefa realizada, devem ser identificados e devidamente corrigidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SNYDER, K. R., EARL, J. E., O'CONNOR, K.M., EBERSOLE, K. T. Resistance training is accompanied by increases in the hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. **Clinical Biomechanics**, v. 24, p 26-34, 2009.
2. POWERS, C. M. The Influence of Altered Lower-Extremity Kinematics on Patellofemoral Joint Dysfunction: A Theoretical Perspective. **Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy**, v. 33, p 639-646, 2003.
3. MIYASKAKA, K. C., DANIEL, D. M., STONE, D. L., ET. AL. The incidence of knee ligament injuries in the general population. **American Journal of Knee Surgery**, v. 4, p. 3-8, 1991.
4. HEWETT, T. E., MYER, G. D., FORD, K. R., HEIDT, R. S. Jr., COLOSIMO, A.J., MCLEAN, S. G., VAN DEN BOGERT, A. J., PATERNO, M. V., SUCCOP, P. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: a Prospective Study. **The American Journal of Sports Medicine**, v.33, p.492-501, 2005.
5. MARKOLF K. L., BURCHFIELD, D. M., SHAPIRO, M. M., SHEPARD, M. F., FINERMAN, G. A, SLAUTERBECK J. L. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 13 (6), p. 930-5, 1995.*
6. BOLGLA, L. A., MALONE, T. R., UMBERGER, B. R., UHL, T. L. Hip Strength and Hip and Knee Kinematics During Stair Descent in Females With and Without Patellofemoral Pain Syndrome. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.38, p.12-18, 2008.
7. THOMEE, R., AUGUSTSSON, J., KARISSON, J. Patellofemoral pain syndrome: a review of current issues. **Sports Medicine**, v. 28, p. 245-262, 1999.

8. FONSECA, S. T., OCARINO, J. M., SILVA, P. L. P. Integration of stress and their relationship to the kinetic chain. In Magee DJ, Zachazewski JE, Quillen WS. **Science foundations and principles of practice in musculoskeletal rehabilitation**. St. Louis: Saunders, 2007.
9. SOUZA, T. R., PINTO, R. Z., TREDE, R. G., KIRKWOOD, R. N., FONSECA, S. T. Temporal coupling between rearfoot-shank complex and hip joint during walking. **Clinical Biomechanics**, v. 25, p. 745-748, 2010.
10. POWERS, C. M. The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 40, p.42-51, 2010.
11. HEIDERSCHEIT, B. C. Lower Extremity Injuries: Is It Just About Hip Strength? **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 40, p.39-41, 2010.
12. LEETUN, D. T.; IRELAND, M. L., WILLSON, J. D., BALLANTYNE, B. T., DAVIS, I. M. Core Stability Measures As Risk Factors for Lower Extremity Injury in Athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**,v.36, p.926-934, 2004.
13. JACOBS, C. A., UHL, T. L., MATTACOLA, C. G., SHAPIRO, R., RAYENS, W. S. Hip Abductor Function and Lower Extremity Landing Kinematics: Sex Differences. **Journal of Athletic Training**, v. 42, p. 76-83, 2007.
14. DIERKS, T. A., MANAL, K. T., HAMILL, J., DAVIS, I. S. Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 38, p. 448- 456, 2008.
15. ZAZULAK, B. T., HEWEET, T. E., REEVES, N. P., GOLDBERG, B., CHOLEWICKI, J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. **The American Journal of Sports Medicine**, v.35, p.1123-1130, 2007.
16. THIJS, Y., VAN, T. D., WILLEMS, T., CLERCQ, D., WITVROUW, E. Relationship between hip strength and frontal plane posture of the knee during a forward lunge. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, p. 723-727, 2007.
17. HERMAN, D. C., WEINHOLD, P. S., GUSKIEWICZ, K. M., GARRET, W. E., YU, B., PADUA, D. A. The Effects of Strength Training on the Lower Extremity

- Biomechanics of Female Recreational Athletes During a Stop-Jump Task. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 36, p. 733-740, 2008.
18. WILLY, R. W., DAVIS, I. S. The Effect of a Hip-Strengthening Program on Mechanics During Running and During a Single-Leg Squat. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 41, p. 625- 632, 2011
 19. NYLAND, J., BURDEN, R., KRUPP, R., CABORN, D. N. M. Whole body, long-axis rotational training improves lower extremity neuromuscular control during single leg lateral drop landing and stabilization. **Clinical Biomechanics**, v. 26, p 363-370, 2011.
 20. FERBER, R., KENDALL, K. D., FARR, L. Changes in Knee Biomechanics After a Hip Abductor Strengthening Protocol for Runners With Patellofemoral Pain Syndrome. **Journal of Athletic Training**, v. 46, p. 142-149, 2011.
 21. TONLEY, J. C., YUN, S. M., KOCHEVAR, R.J., DYE, J. A., FARROKHI, S., POWERS, C.M. Treatment of an Individual With Piriformis Syndrome Focusing on Hip Muscle Strengthening and Movement Reeducation: A Case Report. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 40, p. 103- 111, 2010.
 22. MASCAL, C. L., LANDEL, R., POWERS, C. Management of Patellofemoral Pain Targeting Hip, Pelvis, and Trunk Muscle Function: 2 Case Reports. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 33, p. 647- 660, 2003.
 23. OLSON, T. J., CHEBNY, C., WILLSON, J. D., KERNOZEK, T. W., STRAKER, S. Comparison of 2D and 3D kinematic changes during a single leg step down following neuromuscular training. **Physical Therapy in Sport**, v. 12, p. 93-99, 2011.
 24. GRESKA, E. K., CORTES, N., VAN, L. B.L., ONATE, J. A. A Feedback Inclusive Neuromuscular Training Program Alters Frontal Plane Kinematics. **Journal of Strength and Conditioning Research**. V. 0, p. 1-10, 2011.
 25. HERRINGTON, L. The Effects of 4 Weeks of Jump Training on Landing Knee Valgus and Crossover Hop Performance in Female Basketball Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. V. 24, p. 3427-3432, 2010.
 26. NOYES, F. R., BARBER-WESTIN, S. D., FLECKENSTEIN, C., WALSH, C., WEST, J. The Drop-Jump Screening Test: Difference in Lower Limb Control

- by Gender and Effect of Neuromuscular Training in Female Athletes. **American Journal of Sports Medicine**, v.33, p.197-207, 2005.
27. NOYES, F. R., BARBER-WESTIN, S. D., SMITH, S. T., CAMPBELL, T. A. Training Program to Improve Neuromuscular Indices in Female High School Volleyball Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. V. 0, p. 1-10, 2011.
28. BARENDRECHT, M., LEZEMAN, H. C. A., DUYSSENS, J., SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. Neuromuscular Training Improves Knee Kinematics, in Particular in Valgus Aligned Adolescent Team Handball Players of Both Sexes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. V. 0, p. 1-10, 2011.
29. POLLARD, C. D., SIGWARD, S. M., OTA, S., LANGFORD, K., POWERS, C. M. The Influence of In-Season Injury Prevention Training on Lower-Extremity Kinematics during Landing in Female Soccer Players. **Clinical Journal of Sports Medicine**, v. 16, p.223-227, 2006.
30. MYER, G. D., FORD, K. R., MCLEAN, S. G., HEWETT, T. E. The Effects of Plyometric Versus Dynamic Stabilization and Balance Training on Lower Extremity Biomechanics. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 34, p. 445-455, 2006.
31. KATO, S., URABE, Y., KAWAMURA, K. Alignment control exercise changes lower extremity movement during stop movements in female basketball players. **The Knee**, v. 15, p. 299-304, 2008.
32. CHAPPEL, J. D., LIMPISVASTI, O. Effect of a Neuromuscular Training Program on the Kinetics and Kinematics of Jumping Tasks. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 36, p. 1081-1086, 2008.
33. LEPHART, S. M., ABT, J. P., FERRIS, C. M., SELL, T. C., NAGAI, T., MYERS, J. B., IRRGANG, J. J. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus a basic resistance training program. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, p. 932-938, 2005.
34. HERMAN, D. C., WEINHOLD, P. S., GUSKIEWICZ, K. M., GARRET, W. E., YU, B., PADUA, D. A. The Effects of Feedback With and Without Strength Training on the Lower Extremity Biomechanics. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 37, p. 1301-1308, 2009.

35. VAZ, D. V., MANCINI, M. C., FONSECA, S. T., VIEIRA, D. S., PERTENCE, A. E. M. Muscle stiffness and strength and their relation to hand function in children with hemiplegic cerebral palsy. **Developmental medicine and child neurology**, V. 48, p. 728-733, 2006.