

TREINAMENTO NEUROMUSCULAR NA PREVENÇÃO DA LESÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR NAS ATLETAS DO SEXO FEMININO: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

NEUROMUSCULAR TRAINING IN THE PREVENTION OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY IN THE ATHLETES OF THE FEMININE SEX: SYSTEMATIC REVISION OF LITERATURE

Eduardo Magalhães¹, Renato Li², Rogério Teixeira Carvalho³, Sylvio Noronha Sacramento⁴ e Carlos Eduardo Panfilio⁵

¹ Fisioterapeuta Chefe do Instituto Sacramento – Centro de Reabilitação e Medicina Esportiva; especialista em Reabilitação Musculoesquelética, pela Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo; especialista no Aparelho Locomotor do Esporte e Ciências do Aparelho Locomotor – Unifesp-EPM.

² Especialista em Reabilitação Musculoesquelética, pela Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo e Aparelho Locomotor do Esporte – Unifesp-EPM.

³ Médico especialista em Traumatologia do Esporte – Unifesp-EPM.

⁴ Médico especialista em Traumatologia do Esporte, pelo Centro Hospitalar Pitié-Salpêtrière da Universidade Pierre et Marie Curie, de Paris.

⁵ Mestre em Reabilitação – Unifesp-EPM – SP; coordenador do Curso de Fisioterapia da Universidade Municipal de São Caetano do Sul – SP; professor da disciplina de Anatomia Humana, da Universidade Metodista de São Bernardo do Campo – Umesp – SBC.

RESUMO

A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) ocorre de quatro a nove vezes mais nas atletas do sexo feminino se comparada a incidência em atletas masculinos de esportes similares. Diante deste fato, o treinamento neuromuscular tem sido proposto como forma de prevenção da lesão do LCA. Essa revisão sistemática tem como objetivo verificar a eficácia do treinamento neuromuscular na diminuição da lesão do LCA nas atletas do sexo feminino. Foram verificados em bases de dados eletrônicos (PubMed e Lilacs) e selecionados sete trabalhos investigando o treinamento neuromuscular na prevenção da lesão do LCA em atletas do sexo feminino. A redução da taxa de lesão do LCA foi encontrada em três dos sete trabalhos. Revisando os trabalhos, observou-se que foram sugeridos diversos componentes do treinamento neuromuscular que podem reduzir o risco de lesão do LCA. Algumas composições de treinamento, como o treino pliométrico de alta intensidade, o fortalecimento muscular e a correção da técnica de aterrissagem, formaram uma combinação encontrada nos três trabalhos que revelaram uma diminuição estatisticamente significativa na taxa de lesão do LCA. Já o treino de propriocepção apenas provavelmente não é eficaz na diminuição da lesão deste ligamento. Existem evidências sobre o treinamento neuromuscular na redução do risco biomecânico para a lesão do LCA e sua incidência em atletas do sexo feminino.

Palavras-chave: ligamento cruzado anterior x lesões em atletas x propriocepção x revisão sistemática.

ABSTRACT

The ACL injury occurs from 4 to 9 times more in female athletes, comparing with male athletes in similar sports. Ahead of this fact, the training to neuromuscular has been considered as form of prevention of the injury of the ACL. Some of these factors had been proposed to explain this difference between sexes in ACL injury. Some of these factors are: The Q angle raise, narrow intercondylar incision, ligament looseness, hormonal factor, neuromuscular and biomechanical [3] This review targets to verify the efficiency of neuromuscular training in ACL injury reduction in female athletes. Electronic databases (PubMed and LILACS) were verified and 7 researches were chosen having investigated the neuromuscular training of ACL injury prevention in female athletes. The reduction of the rate of injury of the ACL was found in 3 of the 7 works. Reviewing the 7 found works, there were suggested various components of neuromuscular training that can reduce the ACL injury. Some combinations of training, like high intensity plyometrics, muscle strengthening and landing technique correction were found in 3 works that had a significant reduction in ACL injury ratio. The Training of Proprioception only probably is not efficient on ACL injury reduction. There are some evidences that neuromuscular training reduces the biomechanical risks for ACL injury and its incidence in female athletes.

Keywords: anterior cruciate ligament x athletic injuries x proprioception x systematic review

INTRODUÇÃO

A ruptura ligamentar mais comum no joelho é do ligamento cruzado anterior (LCA), sendo esta, uma lesão freqüente em atletas do sexo feminino (HEWETT, MYER & FORD, 2006).

A lesão do LCA ocorre de duas a oito vezes mais nas atletas do sexo feminino se comparada a incidência em atletas masculinos de esportes similares e, dependendo da idade, a lesão neste ligamento pode aumentar até nove vezes mais em desportistas do sexo feminino (HUSTON, GREENFIELD & WOJTYS, 2000).

O mecanismo responsável pela lesão do LCA na mulher é multifatorial. Alguns fatores têm sido propostos para explicar a grande incidência desta lesão na mulher, dentre eles incluem-se o aumento do ângulo Q (HUSTON, GREENFIELD & WOJTYS, 2000), a incisura intercondiliana mais estreita (LAPRADE & BURNELT, 1994; SOURYAL & FREEMAN, 1993), a frouxidão ligamentar (HEWETT, MYER & FORD, 2006), o fator hormonal (MYKLEBUST, MAEHLUM, HOLM & BARH, 2003; OSTENBERG & ROOS, 2000; WOITS, HUSTON & BOYNTON, 2002) e diferenças neuromusculares (CHAPPELL, CREIGHTON, GIULIANI, YU & GARRETT, 2007; LEPHART, FERRIS & RIEMANN, 2002).

O treinamento neuromuscular para o membro inferior tem sido proposto como forma preventiva de lesões ligamentares do joelho por alguns estudos recentes (BEYNNON, JOHNSON, ABATE, FLEMING & NICHOLS, 2005; HEWETT, STROUP, NANCE & NOYES, 1996; NOYES, FLECKENSTEIN & WALSH, 2005). Este treinamento é composto pelo treino pliométrico, que consiste em uma contração excêntrica de alta velocidade, ou pré-alongamento de um músculo que armazena a energia, para maximizar uma contração concêntrica recíproca imediata deste mesmo músculo ou grupo muscular. O treino proprioceptivo também é um treinamento neuromuscular, onde padrões diferentes de movimentos requerem estabilidade muscular variada, dependendo da direção, velocidade e quantidade de força ocorrendo na articulação (WILLIAMS, CHMIELEWSKI, RULDOLPH *et al.*, 2001).

O tempo de latência no sexo feminino parece ser maior, tendo um atraso elétrico-mecânico da preparação e ativação reativa dos flexores de joelho e alto padrão eletromiográfico dos extensores durante aterrissagem após saltos (DYHRE-POULSEN, SIMONSEN & VOIGT, 1991; WINTER & BROOKES, 1991). No

entanto, este treinamento reproduz cargas similares impostas durante o esporte competitivo, desenvolvendo o *feedforward* e *feedback*, protegendo, então, a articulação do joelho de sobrecargas excessivas (BEYNNON, JOHNSON, ABATE, FLEMING & NICHOLS, 2005).

Portanto, o objetivo do presente estudo é verificar, através de uma revisão sistemática da literatura, a eficácia do treino neuromuscular na prevenção da lesão do LCA em atletas do sexo feminino.

MATERIAIS E MÉTODOS

Uma pesquisa computadorizada da literatura até março de 2007 foi desenvolvida para identificar a eficácia do treino neuromuscular na prevenção da lesão do LCA nas atletas do sexo feminino na base de dados eletrônicos Pubmed com as palavras-chave, *anterior cruciate ligament, athletic injuries, balance training, neuromuscular training e proprioception* e, na base de dados Lilacs, utilizaram-se as mesmas palavras-chave, porém, na língua portuguesa. Esta busca foi limitada aos termos *intervention* e *control*.

Os artigos selecionados nessa revisão sistemática deveriam ser estudos prospectivos randomizados e estudos coorte prospectivos que investigassem a intervenção do treino neuromuscular na prevenção da lesão do LCA em atletas do sexo feminino. Excluíram-se os trabalhos com intervenções em atletas do sexo masculino ou mulheres que não eram atletas. Uma vez obtidos, os artigos incluídos durante a pesquisa eletrônica foram verificados em suas referências, de modo a identificar outros estudos relevantes. Não houve restrições quanto ao idioma e ano durante a pesquisa nas bases de dados.

RESULTADOS

Utilizando as palavras-chave previamente citadas, foi encontrado o total de 39 trabalhos, 34 trabalhos na base de dados da Pubmed e cinco na Lilacs, porém apenas sete trabalhos foram selecionados dentro dos critérios previamente estabelecidos, sendo todos estes encontrados na PubMed. Comparando a incidência de lesão do LCA entre os grupos, encontrou-se um total de 33 lesões no grupo intervenção e 113, no grupo controle. Os sete trabalhos estão descritos de acordo com as datas de publicação. Os dados metodológicos destes trabalhos e seus respectivos resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Metodologia e resultados dos estudos em relação ao benefício do treino neuromuscular na prevenção de lesão do LCA na atleta do sexo feminino

| Autor | TP | Esporte | Idade | AMOSTRA | | | | | | Resultado |
|--------------------------|----|---------|--------|---------|-------|----------------|----|----------|-----|-------------|
| | | | | GI | GC | Protocolo | FS | DS | TS | |
| Hewett <i>et al.</i> | CP | B; F; V | 14-18 | 366 | 463 | FM; TPAI; CTA | 3 | 60-90min | 8 | $P < .05^*$ |
| Heidt <i>et al.</i> | PR | F | 14-18 | 42 | 258 | TPBI | 2 | NR | 20 | $P < .01$ |
| Soderman <i>et al.</i> | CR | F | 20-35 | 62 | 78 | TPr | 3 | 15min | 108 | $P = .02$ |
| Myklebust <i>et al.</i> | CP | H | 16-35 | 850 | 942 | TPr; TPAI; CTA | 3 | 15min | 62 | $P = .04^*$ |
| Maldelbaum <i>et al.</i> | CP | F | 14-18 | 1.885 | 3.818 | FM; TPAI; CTA | 5 | 20min | 36 | $P < .01^*$ |
| Petersen <i>et al.</i> | CP | H | adulto | 134 | 142 | TP; TPAI | 3 | 10min | 65 | $P = 0.17$ |
| Pfeiffer <i>et al.</i> | CP | B;F;V | 14-18 | 577 | 862 | TPAI | 2 | 20min | 192 | $P > .005$ |

Legenda: GI, grupo de intervenção; GC, grupo de controle; F futebol; B, basquete; V, voleibol; H, handebol; CP, coorte prospectivo; RC, randomizado e controlado; PR, prospectivo randomizado; TPAI, treino pliométrico de alta intensidade; TPr, treino proprioceptivo; FM, força muscular; CTA, correção da técnica de aterrissagem; *diferença estatisticamente significante entre os grupos; NR, não relatou; min, minutos; FS, frequência semanal; DS, duração de cada sessão; TS, total de sessões.

Hewett *et al.* (1999) realizaram um estudo coorte com atletas do sexo feminino de futebol, basquetebol e voleibol, com idade entre 14 e 18 anos. Foram incluídos no grupo de intervenção 15 times do sexo feminino ($n = 366$) e 15 times no grupo controle do sexo feminino ($n = 463$). Foram incluídos 13 times do sexo masculino ($n = 434$) em outro grupo de controle adicional. O treinamento consistia em seis semanas de treinamento, realizado três vezes por semana (60-90 min), antes do início temporada. O programa de treinamento consistia no treino de flexibilidade (alongamento muscular de membros inferiores e superiores), pliometria (saltos variados separados em três fases de dificuldade) e fortalecimento muscular dos membros inferiores e superiores, para promover a diminuição do perigo das forças durante a aterrissagem, diminuindo os estresses adutor e abductor do joelho e aumentando a potência dos músculos isquiotibiais.

O risco de lesão do LCA sem contato foi significativamente reduzido no grupo de intervenção ($P < .05$). A taxa de lesão do LCA sem contato diminuiu 72% nos atletas que realizaram o treinamento na pré-temporada, quando comparados os resultados com os grupos de controle. Cinco atletas do sexo feminino do grupo de controle (três de basquete e dois de futebol) sofreram lesão do LCA sem contato, resultado comparado ao de nenhuma atleta lesionada do grupo de intervenção ($P < .05$). Este foi o primeiro estudo que demonstrou os efeitos do treinamento neuromuscular na redução das lesões do LCA nas atletas femininas.

Heidt *et al.* (2000) realizaram um estudo prospectivo e randomizado em atletas do sexo feminino de futebol com idade de 14 a 18 anos. Este estudo con-

sistia em um grupo de controle ($n = 258$) e um grupo de intervenção ($n = 42$), treinados na pré-temporada. O protocolo do grupo de intervenção consistia em treinamento de velocidade e agilidade (duas vezes/semana) durante sete semanas. O treinamento associou condicionamento cardiovascular específico do esporte, trabalho pliométrico (unidirecional, bidirecional, multidirecional e avanços com obstáculos) e exercício de flexibilidade.

O grupo de intervenção obteve significativamente (14%) menos lesão no geral do que o grupo de controle (33,7%, $P < .01$); entretanto, não houve diferença significativa entre as lesões deste ligamento entre os grupos. A lesão do LCA ocorreu em 2,4% no grupo de intervenção e 3,1% no grupo de controle.

Soderman *et al.* (2000) realizaram um estudo prospectivo e randomizado com atletas profissionais de futebol do sexo feminino da Suécia. Foram randomizados sete times ($n = 62$) para entrar no grupo de intervenção e seis times ($n = 78$) para o grupo de controle. O grupo de intervenção foi orientado a realizar o treino proprioceptivo em seus domicílios por 30 dias e, depois, três vezes por semana no restante da temporada. O treino proprioceptivo era realizado por 10 a 15 minutos, com cinco exercícios de propriocepção (com o disco de equilíbrio), aumentando o grau de dificuldade, e cada exercício era realizado em três repetições de 15 segundos.

O grupo de intervenção obteve 4,45 lesões a cada mil horas de prática de jogos quando comparado a 3,83 no grupo controle, não havendo diferença significativa de lesão do LCA entre tais grupos.

Myklebust *et al.* (2003) realizaram um estudo coorte prospectivo, investigando a incidência de le-

são do LCA durante três temporadas consecutivas em três divisões de handebol feminino da Noruega. A intervenção para prevenir as lesões foi instituída na segunda temporada (58 times, $n = 855$), na terceira (52 times, $n = 850$) e no grupo de controle, consistindo em 90 times ($n = 942$) pesquisados na primeira temporada. O programa de treinamento era realizado três vezes por semana com duração de 15 minutos, durante sete semanas. No treino, incluíam-se treinamentos proprioceptivos (com solo estável e instável, gesto esportivo também incluso em alguns exercícios), pliométricos (gesto esportivo era incluso em alguns exercícios) e exercícios de agilidade (corrida com mudanças de direções e parada brusca).

Na temporada de controle, observaram-se 29 lesões do LCA, comparadas às 23 da segunda temporada e às 17 da terceira ($P = 0.62$ e $P = 0.15$, respectivamente). Mas, nas lesões de LCA sem contato, houve uma redução significativa, comparando a temporada de controle com a segunda temporada de intervenção (18 no ano de controle, sete no ano intervenção; $P = .04$). Quando se separaram os grupos por divisão e intervenção do treinamento, a divisão de elite, em que foi realizada a intervenção, obteve uma diminuição significativa na lesão do LCA (2,3%) quando comparados os resultados das atletas que não realizaram a intervenção (8,9%, $P = .01$). Separando por lesão do LCA sem contato, os autores observaram 18 lesões do LCA sem contato na temporada de controle e sete, na segunda temporada de intervenção ($P = .04$).

Houve uma tendência na redução de lesão do LCA ($P = .015$), mas não foi estatisticamente significativa, exceto na divisão de elite ($P = .06$).

Mandelbaum *et al.* (2005) realizaram um estudo coorte prospectivo com atletas de futebol com idade entre 14 e 18 anos, acompanhados por dois anos. No primeiro ano, 1.041 atletas foram incluídos no grupo de intervenção e 1.905 no grupo controle. No seguimento de dois anos, o grupo de intervenção consistia de 844 sujeitos e o grupo de controle, de 1.913. O grupo de intervenção realizava o programa de exercícios preventivos antes de iniciar o treino rotineiro. O treinamento consistia em aquecimento, alongamento e fortalecimento muscular dos membros inferiores, exercícios pliométricos e agilidades com duração de 20 minutos.

Na primeira temporada, o grupo de intervenção (taxa de 0,05 lesões por 1.000 exposições) obteve menor quantidade de lesões do LCA ($P < .001$), com-

parado com o grupo controle (0,47 lesões por 1.000 exposições). Resultado semelhante foi encontrado no segundo ano, com 0,13 lesões por 1.000 exposições no grupo de intervenção e 0,51 lesões por 1.000 exposições, resultado este estatisticamente significativo ($P < .01$).

Petersen *et al.* (2005) realizaram um estudo coorte prospectivo com times de handebol do sexo feminino da Alemanha. A intervenção foi designada para a prevenção da lesão do LCA e era composta por dez times ($n = 134$), com dez times ($n = 142$) no grupo de controle, acompanhados no treinamento normal sem a intervenção. O protocolo utilizado foi baseado em estudo prévio (MYKLEBUST, ENGBRETSSEN, BRAEKKEN, SKJOLBERG, OLSEN, BAHR & HOLM, 2003). O programa de treinamento era realizado por oito semanas na pré-temporada, em um treinamento de dez minutos, três vezes por semana, e, durante o período de competição, era realizado apenas uma vez por semana. O treinamento consistia em exercício proprioceptivo (em solo estável e instável, inclusos alguns fundamentos do esporte) e pliométrico (solo estável, instável e inclusos alguns fundamentos do esporte).

Houve cinco lesões de LCA no grupo de controle e uma no grupo treinado, porém não houve diferença significativa entre os grupos (0.17).

Pfeiffer *et al.* (2006) realizaram um estudo coorte com atletas do sexo feminino, de 14 a 18 anos, de futebol, basquete e voleibol. Participaram do grupo de intervenção 42 times ($n = 577$), e 69 times ($n = 862$) no grupo controle, sendo acompanhados durante duas temporadas consecutivas. Foram inclusas apenas as lesões sem contato do LCA.

O treinamento foi introduzido durante as duas temporadas, duas vezes por semana, com duração de, aproximadamente, 20 minutos. O programa de treinamento consistia em exercício pliométrico (saltos de diversas formas) e de agilidade (corrida com parada brusca, mudança de direção e em oito).

Foram encontradas três lesões do LCA sem contato no grupo de intervenção (0.167 por 1.000 exposições) e três no grupo de controle (0.078 por 1.000 exposições), resultados estes sem diferença estatística ($P > .005$). Os autores concluíram que 20 minutos do programa de exercício, baseado na pliométrie em que se focou mecanismo de aterrissagem de salto e desaceleração de corridas duas vezes por semana, durante a temporada, não reduziram a taxa

de lesão do LCA sem contato em atletas de 14 a 18 anos do sexo feminino.

DISCUSSÃO

A redução da taxa de lesão do LCA foi encontrada em três dos sete trabalhos. Revisando os trabalhos, foram sugeridos diversos componentes do treinamento neuromuscular que podem reduzir o risco de lesão do LCA. Algumas combinações de treinamento, como o treino pliométrico de alta intensidade, o fortalecimento muscular e a correção da técnica de aterrissagem, foram encontradas em três trabalhos nos quais houve uma diminuição estatisticamente significativa na taxa de lesão deste ligamento. Já o treino de propriocepção apenas provavelmente não é eficaz para a diminuição da lesão do LCA. O programa mais efetivo e eficiente aparenta requerer uma combinação de componentes do treino neuromuscular, e os efeitos desses componentes são aparentemente somados.

Combinações de treinamentos na prevenção da lesão do LCA em atletas do sexo feminino

Estudos recentes têm demonstrado que as mulheres apresentam diferenças biomecânicas e no padrão de ativação muscular durante a aterrissagem do salto. Quando comparadas aos homens, as mulheres apresentam alto padrão de ativação muscular do quadríceps e baixo padrão de ativação dos músculos isquiotibiais, associado com menor ângulo de flexão de quadril e joelho durante o contato inicial com o solo após a realização de um salto, tornando-as mais susceptíveis às lesões do LCA (NOYES, FLECKENSTEIN & WALSH, 2005).

Diante destes achados biomecânicos, há necessidade de um treinamento específico de reeducação dinâmica do movimento e, conseqüentemente, alterações no padrão de ativação muscular. Estudos recentes verificaram uma diminuição do valgo dinâmico dos membros inferiores durante aterrissagem no plano frontal e sagital após um programa treinamento pliométrico de alta intensidade, aumentando a flexão do joelho no contato inicial da aterrissagem e afastamento dos membros inferiores, conseqüentemente podendo reduzir o risco de lesão da articulação do joelho (BEYNNON, JOHNSON, ABATE, FLEMING & NICHOLS, 2005; HEWETT, STROUP, NANCE & NOYES, 1996; NOYES, FLECKENSTEIN & WALSH,

2005; MYER, FORD, MCLEAN & HEWETT, 2006; MYER, FORD, PALUMBO *et al.*, 2005).

Em três estudos, foram combinados o treino pliométrico de alta intensidade e a correção da técnica de aterrissagem no protocolo preventivo e, conseqüentemente, reduziu-se o risco de lesão do LCA (HEWETT, LINDENFELD, RICCOBENE & NOYES, 1999; MYKLEBUST, ENGBRETSEN, BRAEKKEN, SKJOLBERG, OLSEN, BAHR & HOLM, 2003; MANDELBAUM, SILVER & WATANABE, 2005). No entanto, os trabalhos que não utilizaram esta combinação não preveniram lesão deste ligamento nas atletas destes estudos (HEIDT JR, SWEETERMAN, CARLONAS, TRAUB & TEKULVE, 2000; SODERMAN, WERNER, PIETILA, ENGSTROM & ALFREDSON, 2000; PETERSEN, BRAUM & BOCK, 2005; PFEIFFER, SHEA, ROBERTS *et al.*, 2006).

Trabalhos têm demonstrado que o treinamento proprioceptivo pode melhorar o controle postural e o pico de força muscular de membros inferiores (GARAFFA, CERULLI, PROJETTI, AISA & RIZZO, 1996), porém somente o treino de propriocepção não foi suficientemente para reduzir a incidência de lesão do LCA em atletas do sexo feminino no presente estudo. Soderman *et al.* (2000) enfocaram o treino proprioceptivo, utilizando primariamente solos instáveis; entretanto, esta intervenção não foi efetiva na redução da lesão do LCA. Garaffa *et al.* (1996) avaliaram o efeito do treinamento proprioceptivo em solos instáveis na incidência de lesões sem contato do LCA em homens e mulheres profissionais de futebol. Os autores concluíram que este treino reduziu a incidência de lesão deste ligamento apenas nos homens. Contrariando o resultado, Cerulli *et al.* (2001) verificaram que o treinamento de propriocepção resultou em diferença significativa na quantidade de lesão do LCA quando comparado ao grupo de controle, que realizou apenas o treinamento de fortalecimento muscular.

O treinamento de força muscular foi incorporado somente no protocolo preventivo de dois estudos (HEWETT, LINDENFELD, RICCOBENE & NOYES, 1999; MANDELBAUM, SILVER & WATANABE, 2005). Estes trabalhos que incluíram o treino de força muscular foram efetivos na redução da incidência de lesões do LCA, resultado este não observado nos trabalhos de Heidt *et al.* (2000), Soderman *et al.* (2000), Petersen *et al.* (2006) e Pfeiffer *et al.* (2006), os quais não foram acrescentados a este treinamento. Contrariando estes achados, no estudo de

Myklebust *et al.* (2003) houve uma diminuição estatisticamente significativa na lesão do LCA e não foi incluso o treino de fortalecimento no treinamento neuromuscular; no entanto, foram inclusos os treinos de pliometria de alta intensidade e correção da técnica de aterrissagem. No estudo de Lehnhard *et al.* (1996), houve uma redução significativa no total de lesões em jogadores de futebol, porém não houve redução da quantidade de lesões do LCA no seguimento de dois anos de estudo.

Portanto, quando combinado treino de força muscular, pliometria de alta intensidade e correção da técnica de aterrissagem, possivelmente se reduzirá a quantidade de lesões do LCA; porém, quando realizado somente treinamento proprioceptivo ou fortalecimento muscular como forma única de treinamento preventivo, não se reduzirá a quantidade de lesão deste ligamento em atletas do sexo feminino.

Pontos fortes e limitações dos estudos

Em todos os trabalhos que reduziram a incidência de lesão do LCA em atletas do sexo feminino, os treinamentos foram realizados no período mínimo de seis semanas e frequência de três vezes por semana em dias alternados, no mínimo. Não foi possível descrever o tempo de cada sessão, devido ao fato de o estudo de Heidt *et al.* (2000) não documentar este dado, tornando, desta maneira, difícil a padronização quanto ao tempo de cada sessão.

A análise heterogênea entre os estudos, ou seja, a associação de mais de uma intervenção durante o protocolo de treinamento, dificultou a comparação entre os estudos; no entanto, os resultados são promissores quanto à prevenção de lesão do LCA em atletas do sexo feminino, pois, nos estudos em que não houve diferenças entre os grupos de intervenção e de controle, suas metodologias são questionáveis.

O resultado encontrado no estudo Petersen *et al.* (2005) não foi estatisticamente significativo, porém o problema deste estudo foi o pequeno número avaliado dos sujeitos, e, conseqüentemente, um baixo poder para uma análise estatística.

O estudo de Soderman *et al.* (2000) foi realizado com um número muito baixo e um poder estatístico inadequado. O fato de o protocolo de treinamento ter incluído apenas o treino proprioceptivo pode ser o fator responsável por não haver uma diferença significativa

entre os grupos. Além disso, o treinamento de propriocepção foi realizado nos próprios domicílios, tornando dúvidas quanto à realização correta em relação ao protocolo proposto pelos autores neste estudo.

O resultado do estudo de Heidt *et al.* (2000) pode ser atribuído à baixa intensidade da pliometria e, também, o estudo era composto por um baixo número de sujeitos no grupo de intervenção, podendo tal fato, portanto, interferir diretamente no resultado final do estudo.

Dentre outras questões metodológicas, o baixo número de participantes nos sete trabalhos encontrados demonstra um baixo poder epidemiológico e estatístico. Cinco (HEWETT, LINDENFELD, RICCOBENE & NOYES, 1999; MYKLEBUST, ENGBRETSEN, BRAEKKEN, SKJOLBERG, OLSEN, BAHR & HOLM, 2003; MANDELBAUM, SILVER & WATANABE, 2005; - PETERSEN, BRAUM & BOCK, 2005; PFEIFFER, SHEA, ROBERTS *et al.*, 2006) dos sete trabalhos não eram estudos controlados e randomizados, tornando, então, discutível a qualidade metodológica dos mesmos.

Não era objetivo dos estudos, porém tem-se que considerar que alguns fatores podem influenciar diretamente os resultados quando o assunto for lesão do LCA na mulher. Os autores nada relataram em seus estudos quanto ao controle da mensuração do ângulo quadricipital (ângulo Q) e à largura da chanfradura intercondiliana com os sujeitos lesionados nas pesquisas. Estes dois fatores, quando associados à fadiga muscular, fazem com que as atletas se tornem mais vulneráveis à lesão do LCA (LAPRADE & BURNELT, 1994; SOURYAL & FREEMAN, 1993; SBRICCOLI, SOLOMONOW, BING-HE ZHOU, YUN & SELLARDS, 2005).

Além das questões anatômicas e biomecânicas, deve-se considerar a influência hormonal nas mulheres durante o ciclo da menstruação. Estudos em seres humanos mostraram que, após a menarca, as mulheres apresentam um aumento estatisticamente maior da força muscular dos extensores do joelho em relação aos flexores, e maior translação anterior da tíbia avaliada no artrômetro KT-I.000, quando comparadas aos homens após a puberdade (AHMAD, CLARK, HEILMANN, SCHOEB, GARDNER & LEVINE, 2006).

Estudos verificaram que existem receptores de estrógeno e progesterona no LCA e que as influências

desses hormônios durante o ciclo da menstruação podem alterar as propriedades biomecânicas daquele ligamento (LIU, AL-SHAIKH & PANOSSIAN, 1997; SLAUTERBECK, CLEVINGER & LUNDBERG, 1999) e, quando associado a outros fatores de risco, resultam em alterações proprioceptivas e no controle neuromuscular, acarretando sobrecargas biomecânicas à articulação do joelho (HEWETT, 2000). Estudos prospectivos e controlados demonstraram maior incidência de lesões do LCA em atletas que não utilizaram anticoncepcionais, se comparadas às mulheres que utilizaram esta intervenção (SLAUTERBECK, FUZIE & SMITH, 2002; STEVENSON, HAMER & FINCH, 2000). Portanto, as alterações hormonais durante o ciclo da menstruação podem influenciar alterações biomecânicas e, conseqüentemente, provocar maior incidência de lesão deste ligamento, sendo, então, um dado extremamente importante a ser controlado nos estudos.

Alguns outros fatores têm que ser controlados pelos autores nos estudos, como a diferença de idade entre as atletas, que pode interferir tanto nas questões anteriormente citadas como em incidências diferentes de lesões entre estas atletas (ARENDETT & DICK, 1995; LINDENFELD, SCHMITT & HEND, 1994). Os diferentes esportes praticados pelas atletas dos trabalhos que, conseqüentemente, podem influenciar na vulnerabilidade de lesão do LCA, pois cada esporte apresenta incidências diferentes de lesões entre as articulações (BJORDAL, ARNYL, HANNES-

TAD & STRAND, 1997; BRINER & KACMAR, 1997; GANTUS & ASSUMPÇÃO, 2002).

CONCLUSÃO

Há uma tendência de que o treinamento neuromuscular possa diminuir a incidência de lesão do LCA se os exercícios pliométricos de alta intensidade forem associados à correção biomecânica da aterrissagem e ao fortalecimento muscular dos membros inferiores nos protocolos preventivos. As sessões devem ocorrer três vezes por semana, e a duração do protocolo deve ter, no mínimo, seis semanas. No entanto, não foi possível concluir sobre a questão do tempo de cada treino, pois Heidt *et al.* (2000) não relataram este dado.

Não há um consenso em relação ao componente ou a qual combinação dos componentes do treino neuromuscular é mais efetiva na prevenção da lesão em estudo. Desta maneira, são necessários mais estudos prospectivos randomizados e controlados com poder estatístico adequado, comparando isoladamente as diferentes intervenções neuromusculares e suas combinações na prevenção da lesão do LCA em atletas do sexo feminino. É necessário o controle criterioso dos fatores intrínsecos e extrínsecos envolvidos nas atletas do sexo feminino, correlacionando-os com o treinamento neuromuscular na prevenção da lesão do LCA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, C.S.; CLARK, A.M.; HEILMANN, S.; SCHOEB, S.; GARDNER, T.R. & LEVINE, W.N. "Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity". *Am J Sports Med*, 2006; 34: 370-74.
- ARENDT, E. & DICK, R. "Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature". *Am J Sports Med*, 1995; 23:694-701.
- BEYNNON, B.D.; JOHNSON, R.J.; ABATE, J.A.; FLEMING, B.C. & NICHOLS, C.E. "Treatment of anterior cruciate ligament injury – part I". *Am J Sports Med*, 2005; 33:1579-602.
- BJORDAL, J.M.; ARNYL, F.; HANNESTAD, B. & STRAND, T. "Epidemiology of anterior cruciate ligament injuries in soccer". *American Journal of Sports Medicine*, 1997; 25:341-45.
- BRINER, W.W. & KACMAR, L. "Common injuries in volleyball: mechanisms of injury, prevention and rehabilitation". *British Journal of Sports Medicine*, 1997; 24:64-71.
- CERULLI, G.; BENOIT, D.L. & CARAFA, A. et al. "Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer". *J Orthop Sports Phys Ther*, 2001; 31:655-661.
- CHAPPELL, J.D.; R. CREIGHTON, A.; GIULIANI, C.; YU, B. & GARRETT, W.E. "Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: Risks for noncontact anterior cruciate ligament injury". *Am J Sports Med*, 2007 35: 235-241.
- DYHRE-POULSEN, P.; SIMONSEN, E.B. & VOIGT, M. "Dynamic control of muscle stiffness and H reflex modulation during hopping and jumping in woman". *J Physiol*, 1991; 437:287-304.
- GANTUS, M.C. & ASSUMPÇÃO, J.D.A. "Epidemiologia das lesões do sistema locomotor em atletas de basquetebol". *Acta Fisiátrica*, 2002; 9:77-84.
- GARAFFA, A.; CERULLI, G.; PROJETTI, M.; AISA, G. & RIZZO, A. "Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer: a prospective controlled study of prospective training". *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 1996; 4:19-21.
- HEIDT JR, R.S.; SWEETERMAN, L.M.; CARLONAS, R.L.; TRAUB, J.A. & TEKULVE, F.X. "Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning". *Am J Sports Med*, 2000; 28:659-62.
- HEITKAMP, H.C.; HORSTMAN, T.; MAYER, F.; WELLER, J. & DICKHUTH, H.H. "Gain in strength and muscular balance after balance training". *Int J Sports Med*, 2001; 22:285-90.
- HEWETT, T.E. "Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes: strategies for intervention". *Sports Med*, 2000; 29:313-27.
- HEWETT, T.E.; LINDENFELD, T.N.; RICCOBENE, J.V. & NOYES, F.R. "The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: a prospective study". *Am J Sports Med*, 1999; 27:699-706.
- HEWETT, T.E.; MYER, G.D. & FORD, K.R. "Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes Part I, mechanisms and risk factors". *Am J Sports Med*, 2006; 34:299-311.
- HEWETT, T.E.; STROUP, A.L.; NANCE, T.A. & NOYES, F.R. "Plyometric Training in Female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques". *Am J Sports Med*, 1996; 24:765-773.
- HUSTON, L.J.; GREENFIELD, M.L. & WOJTYTS, E.M. "Anterior cruciate ligament injuries in the female in the athletes: potential risk factors". *Clin Orthop Relat Res*, 2000; 372:50-6.
- LAPRADE, R.F. & BURNELT, Q.M. "Femoral intercondylar notch stenosis and correlation to anterior cruciate ligament injuries: a prospective study". *Am J Sports Med*, 1994; 22:1998-203.
- LEHNHARD, R.A.; LEHNHARD, H.R. & YOUNG, R. "Monitoring injuries on a college soccer team: the effect of strength training". *J Strength Cond Res*, 1996; 10:115-19.
- LEPHART, S.M.; FERRIS, C.M. & RIEMANN, B.L. "Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing". *Clin Orthop*, 2002; 401:162-9.
- LINDENFELD, T.N.; SCHMITT, D.J. & HEND, M.P. "Incidence of injury in indoor soccer". *Am J Sport Med*, 1994; 22: 364-71.
- LIU, S.H.; AL-SHAikh, R.A. & PANOSSIAN, V. "Estrogen affects the cellular metabolism of the anterior cruciate ligament. A potential explanation for female athletic injury". *Am J Sports Med*, 1997; 25:704-9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MANDELBAUM, B.R.; SILVER, H.J. & WATANABE, D. "Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: two-year follow up". *Am J Sports Med*, 2005; 33:1.003-1.010.
- MYER, G.D.; FORD, K.D.; MCLEAN, S.G. & HEWETT, T.E. "The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics". *Am J Sports Med*, 2006; 34:445-455.
- MYER, G.D.; FORD, K.D.; PALUMBO, J.P. et al. "Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes". *J Strength Cond Res*, 2005; 19:51-60.
- MYKLEBUST, G.; ENGBRETSSEN, L.; BRAEKKEN, I.H.; SKJOLBERG, A.; OLSEN, O.E.; BAHR, R. & HOLM, L. "Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons". *Clin J Sports Med*, 2003; 13:71-78.
- MYKLEBUST, G.; MAEHLUM, S.; HOLM, L. & BARH, R.A. "Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons". *Clin J Sport Med*, 2003; 13:71-78.
- NOYES, F.R.; FLECKENSTEIN, C. & WALSH, C. "The Drop-Jump Screening Test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes". *Am J Sports Med*, 2005; 33:197-207.
- OSTENBERG, A. & ROOS, H. "Injury risk factors in female european football. A prospective study of 123 players during one season". *Scand J Med Sci Sports*, 2000; 10:279-85.
- PETERSEN, W.; BRAUM, C. & BOCK, W. "A controlled prospective case control study of prevention training program in female team handball players: the German experience". *Arch Orthop Trauma Surg*, 2005; 125:614-621.
- PFEIFFER, R.P.; SHEA, K.G.; ROBERTS, D. et al. "Lack of effect of knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury". *J Bone Joint Surg*, 2006; 88:1.769-74.
- SBRICCOLI, P.; SOLOMONOW, M.; BING-HE ZHOU, E.E.; YUN, L. & SELLARDS, R. "Neuromuscular response to cycle loading of anterior cruciate ligament". *Am J Sports Med*, 2005; 33: 543-51.
- SLAUTERBECK, J.R.; CLEVENGER, C. & LUNDBERG, W. "Estrogen level alters the failure load of the rabbit anterior cruciate ligament". *J Orthop Res*, 1999; 17: 405-8.
- SLAUTERBECK, J.R.; FUZIE, S.F. & SMITH, M.P. "The menstrual cycle, sex hormones, and anterior cruciate ligament injury". *Journal of athletic training*, 2002; 37: 275-80.
- SODERMAN, K.; WERNER, S.; PIETILA, T.; ENGSTROM, B. & ALFREDSON, H. "Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study". *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2000; 8:356-363.
- SOURYAL, T.O. & FREEMAN, T.R. "Intercondylar notch size and anterior cruciate ligament injuries in athletes: a prospective study". *Am J Sports Med*, 1993; 21:535-9.
- STEVENSON, M.R.; HAMER, P. & FINCH, C.F. "Sport, age, and sex specific incidence of sports injuries in Western Australia". *Br J Sports Med*, 2000; 34:188-94.
- WILLIAMS, G.N.; CHMIELEWSKI, T.; RULDOLPH, K.S. et al. "Dynamic knee stability: Current theory and implication for clinical scientists". *J Orthop Sports Phys Ther*, 2001; 31(10):546-566.
- WINTER, E.M. & BROOKES, F.B. "Electromechanical response times and muscle elasticity in men and women". *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1991; 63:124-8.
- WOITS, E.M.; HUSTON, U. & BOYNTON, M.D. "The effect the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury in women as determined by hormone levels". *Am J Sports Med*, 2002; 30: 182-88.

Endereço para correspondência:

Eduardo Magalhães - R. Domingos de Morais, nº 2.243, conj. 56. Vila Mariana – São Paulo - CEP 04035-000.

E-mail: dumagalhaesfisio@hotmail.com

Carlos Eduardo Panfilio

E-mail: cep@imes.edu.br