

Júlia Figueiredo Godoy de Vasconcelos Paiva

**A BIOMECÂNICA DOS MEMBROS INFERIORES NA ATERRISSAGEM
DOS SALTOS BILATERAL E UNILATERAL EM ATLETAS DE VOLEIBOL**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2011

Júlia Figueiredo Godoy de Vasconcelos Paiva

**A BIOMECÂNICA DOS MEMBROS INFERIORES NA ATERRISSAGEM
DOS SALTOS BILATERAL E UNILATERAL EM ATLETAS DE VOLEIBOL**

Trabalho de conclusão do curso de especialização em Fisioterapia apresentado ao Departamento de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito à obtenção do título de especialista em Esportes.

Excluído:

Orientadora: Natália F.N.Bittencourt

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2011

RESUMO

INTRODUÇÃO: Estudos recentes analisaram a aterrissagem do salto em atletas de voleibol e observaram alterações em variáveis biomecânicas que levam a lesões. As lesões com maior frequência são as tendinopatias patelares e as lesões do ligamento cruzado anterior (LCA). Os mecanismos mais relevantes causadores dessas lesões são a diminuição da flexão de joelho, o aumento do valgismo de joelho e o aumento da força de reação do solo. **OBJETIVO:** realizar uma revisão narrativa da literatura sobre a biomecânica dos membros inferiores no momento da aterrissagem após o drop jump. **METODOLOGIA:** A revisão da literatura deste estudo foi realizada por meio de busca nas bases de dados Medline, Pedro, Lilacs, Scielo e Bireme incluindo artigos com as seguintes palavras-chave: biomechanics, drop jump, landing, athlete, volleyball. A pesquisa deste tema foi limitada à língua portuguesa e inglesa, indexadas nos períodos de 2000 a 2010. Porém, foram incluídos alguns artigos com relevância de 1985 a 2003. **RESULTADOS:** Foram usados nessa revisão bibliográfica 24 artigos, sendo que todos estavam incluídos na metodologia e com relevância ao tema utilizado. **CONCLUSÃO:** Nas comparações das aterrissagens entre os saltos bilaterais e unilaterais as variáveis foram sempre acentuadas na aterrissagem unilateral. A diminuição da flexão de joelho ocorre por causa de mecanismos compensatórios que faz com que a articulação fique mais rígida para evitar quedas; o aumento do valgismo pode ser explicado pela fraqueza dos músculos abdutores; e o aumento da força de reação do solo ocorre pela diminuição da flexão de joelho, não ocorrendo corretamente a distribuição da força interna pelo sistema músculo esquelético. O estudo mostra também que nas atletas femininas ocorre um aumento significativo destas variáveis, tendo maior risco de lesões.

Palavras-chave: Biomechanics. Drop jump. Landing. Athlete. Volleyball.

ABSTRACT

BACKGROUND: Recent studies have been analyzed landing from a jump in volleyball players and observed changes in biomechanical variables that lead to injuries. The most common injuries are the tendinopathy patellar and ACL repair. The most relevant mechanisms that could cause these injuries are the decreased knee flexion, increased knee valgus and increased ground reaction force. **OBJECTIVE:** Review of the literature on the biomechanics of the lower extremity at the time of landing from a drop jump. **METHODS:** A literature review of this study was conducted by searching the databases MEDLINE, Pedro, Lilacs, Scielo and Bireme including articles with the following keywords: biomechanics, drop jump, landing, athlete, volleyball. The research was limited to Portuguese and English, indexed from 2000 to 2010. However, we included some items of important article from 1985 to 2003. **RESULTS:** We used in this literature review 24 articles, all of which were included in the methodology and were relevant to the theme. **CONCLUSION:** Comparing the landings between bilateral and unilateral jumps, the variables were always pronounced in unilateral landing. The decrease in knee flexion occurs because of compensatory mechanisms that make the joint becomes more stiffness to prevent falls; increased knee valgus can be explained by the weakness of the abductor muscles; and increased ground reaction force occurs by decreasing the knee flexion, it difficult the correct internal force distribution by musculoskeletal system.

Keywords: Biomechanics. Drop jump. Landing. Athlete. Volleyball.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Ilustração da biomecânica do drop jump vertical.....	9
FIGURA 2: Ângulo de valgismo no salto unilateral.....	12
FIGURA 3: Ângulo de valgismo no drop jump.....	12

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 METODOLOGIA.....	7
3 RESULTADOS.....	8
4 DISCUSSÃO.....	8
4.1 Flexão de joelho.....	9
4.2 Valgismo de joelho.....	10
4.3 Força de reação do solo.....	12
4.4 Diferença na aterrissagem entre homens e mulheres.....	13
5 CONCLUSÃO.....	15
REFERÊNCIAS.....	16

1 INTRODUÇÃO

O Voleibol é um esporte popular desde a sua invenção em 1895 em Massachussets que inclui homens e mulheres de todas as idades e níveis podendo ser jogado dentro e fora da quadra. O jogo começa com um saque e o time oposto normalmente começa defendendo com um padrão de defesa – levantamento – cortada, sendo que a cortada ocorre junto com um salto que tem como meta gerar uma força total indo na quadra adversária (BRINER; BENJAMIN, 1999). A alta taxa de lesão no voleibol está associada com o bloqueio e a cortada (SCHAFLE *et al.*, 1990), pois nos dois é realizado o salto na vertical. As lesões agudas mais comuns são no tornozelo e na coluna espinhal, já lesões por overuse tem uma taxa alta de tendiopatía patelar, tendinoses de ombro e dores lombares, respectivamente (BRINER; BENJAMIN, 1999).

A tendinopatía patelar é a lesão mais comum em jogadores de voleibol (LIAN O. *et al.*, 2003 e 2005) e origina-se de cargas repetidas expostas ao mecanismo extensor do quadríceps durante a seqüência de aterrissagem dos saltos (COOK *et al.*, 2004). Os atletas além de saltarem nos treinos, também são submetidos aos treinamentos de pliometria para melhorar a altura do salto vertical e esse alto volume de treino pode levar a alta incidência de tendinopatía paletar (FERRETTI *et al.*, 1987 e 1990). Dessa forma, a estratégia de aterrissagem é essencial para acomodar as forças excessivas de impacto (JAMES *et al.*, 2003 e REESER *et al.*, 2006).

Outra lesão que ocorre no voleibol e está relacionada à aterrissagem é a lesão do ligamento cruzado anterior (LCA), sendo que dois terços dessa lesão ocorrem em mecanismo de não contato e a maioria durante a aterrissagem dos saltos (GRIFFIN *et al.*, 2000 e GRAY *et al.*, 1985).

A ruptura de LCA pode ocorrer durante uma aterrissagem bilateral ou unilateral (BODEN *et al.*, 2000), sendo a aterrissagem unilateral mais perigosa por causa da diminuição da base de suporte e o aumento da demanda de absorção do impacto da aterrissagem na musculatura de apenas um membro inferior (PAPPAS *et al.*, 2007). Estudos anteriores relatam que a ruptura de LCA ocorre mais comumente durante uma aterrissagem unilateral que resulta em um valgismo dinâmico de joelho

e uma contração forte de reto femoral (IRELAND, 1999; BODEN *et al.*, 2000; OLSEN *et al.*, 2004).

Estudos relatam que as atletas do sexo feminino são mais susceptíveis a ter a lesão de LCA e dor patelofemural por causa do aumento de valgismo no salto unilateral (“a single leg step landing”) e no salto bilateral (“drop jump”) (HERRINGTON; MUNRO, 2010). O alto risco de lesão no salto bilateral pode ser devido à redução da flexão de joelho (DUFEC; BATES, 1991), aumento do valgismo de joelho (KERNOZEK *et al.*, 2005 e HEWETT *et al.*, 2004) e aumento da força de reação (FRS) (KERNOZEK *et al.*, 2005); no salto unilateral a lesão está relacionado à adução de quadril (HEWETT *et al.*, 2006), o valgismo de joelho (RUSSELL *et al.*, 2006) e a atividade muscular no membro inferior (FAGENBAUM; DARLING, 2003).

O drop jump é o teste mais estudado para a análise e cinética dos membros inferiores (MMII) durante a aterrissagem de salto bilateral e é realizado com um banco onde o sujeito salta do mesmo com os dois pés e logo em seguida realiza um salto vertical máximo. Já o teste para o salto unilateral é o step landing onde o sujeito salta do banco e aterrissa com apenas um pé e se mantém na posição (HERRINGTON; MUNRO, 2010).

Estes saltos são utilizados para triagem de atletas com alterações biomecânicas dos MMII, como valgismo dinâmico do joelho, redução da flexão dos MMII e alta FRS. Tendo em vista; a grande utilização do drop jump como um teste para avaliação de alterações neuromusculares nos MMII e para a reavaliação dessas alterações após o programa preventivo, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão narrativa da literatura sobre a biomecânica dos MMII no momento da aterrissagem após o drop jump.

2 METODOLOGIA

A revisão da literatura deste estudo foi realizada por meio de busca nas bases de dados Medline, Pedro, Lilacs, Scielo e Bireme incluindo artigos com as seguintes palavras-chave: biomechanics, drop jump, landing, athlete, volleyball. Ou com os

pares de palavras utilizando o AND: biomechanics and drop jump, drop jump and landing, volleyball and drop jump, volleyball and landing.

A pesquisa deste tema foi limitada à língua portuguesa e inglesa, indexadas nos períodos de 2000 a 2010. Porém, foram incluídos alguns artigos com relevância de 1985 a 2003.

3 RESULTADOS

Foram encontrados 27 artigos. Dos 27 artigos, 3 foram excluídos pelo autor por apresentarem pouca relevância para essa revisão. Foram usados nessa revisão bibliográfica 24 artigos, sendo que todos estavam incluídos na metodologia e com relevância ao tema utilizado.

4 DISCUSSÃO

O presente estudo revisou artigos que observaram a biomecânica dos MMII durante o drop jump (figura 1) e do salto unipodal. Os três elementos que esse estudo analisou foram: a flexão do joelho, o valgismo do joelho e a força de reação do solo.

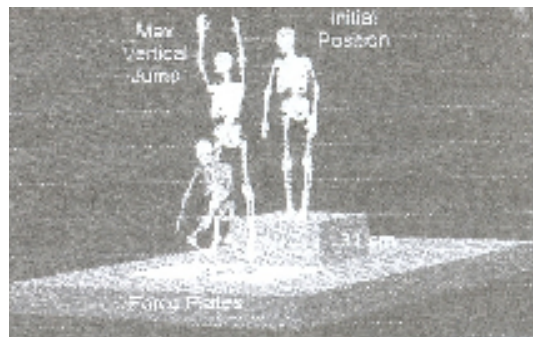


FIGURA 1 – Ilustração da biomecânica do drop jump vertical (HEWETT *et al.*, 2005)

4. 1 Flexão de joelho

A flexão de joelho é fundamental na aterrissagem do salto, pois é com ela que ocorre a absorção das forças internas e as mesmas são dissipadas para um bom amortecimento. Muitas vezes quando não ocorre a flexão de joelho, o impacto é grande e pode lesionar alguma estrutura que está mais susceptível.

Pappas *et al.* (2007) realizaram um estudo com 32 sujeitos, sendo 16 mulheres universitárias com idades entre 20 a 40 anos, faixa etária com maior susceptibilidade de lesão do LCA. Os participantes realizaram 3 saltos bilaterais e 3 saltos unilaterais de uma altura de 40 cm e aterrissaram em uma plataforma de força. Os resultados significativos no salto unilateral foram a diminuição da flexão de joelho no contato inicial, aumento de valgismo e aumento da atividade eletromiográfica do reto femoral. A diminuição da flexão de joelho foi justificada pelo estudo como um mecanismo compensatório que mantém o quadríceps no comprimento mais próximo de repouso onde sua efetividade da desaceleração do corpo e a absorção de impacto são maiores. Porém a aterrissagem com a extensão de joelho é um fator predisponente a lesão de joelho. Segundo Markolf *et al.* (2004) o sistema neuromuscular tenta evitar quedas durante as aterrissagens unilaterais, limitando a flexão excessiva do joelho e aumentando simultaneamente as forças no LCA através do aumento da força de quadríceps, colocando o joelho mais próximo à sua máxima extensão no contato inicial. Outros estudos mostram que o grande número de treinos e jogos (aumento de força, coordenação muscular, resistência de treino e saltos), gera nos atletas uma adaptação neuromuscular que resulta em uma maior ativação das unidades motoras e com isso na hora da aterrissagem onde é preciso ter um equilíbrio de contração do quadríceps e isquiossurais para ocorrer a flexão de joelho, a mesma não ocorre por causa da dominância do quadríceps que está relacionada às adaptações neuromusculares (HAKKINEN; KOMI, 1983; SALE, 1988; ZEHR; SALE, 1994; HUBER; SUTER; HERZOG, 1998).

Repetidas cargas expostas ao mecanismo extensor de joelho geradas na aterrissagem dos saltos podem originar as tendinopatias patelares (jumper's knee) (COOK *et al.*, 2004). As tendinopatias são micro e macrorupturas que levam a inflamações e degeneração dos tendões, principalmente, nesse caso, o tendão patelar (KUJALA *et al.*, 1989). Estudos como o de Bisseling, Hof, Bredeweg, *et al.*

(2007) mostra que através da estratégia de aterrissagem rígida dos MMII, o tendão patelar, como parte do mecanismo extensor do quadríceps, está sujeito a um maior esforço. A alta frequência de aterrissagem no voleibol e essa estratégia podem ser vista como um fator de risco para a tendinopatia patelar. Entretanto, segundo Lion O. *et al.* (2003), os jogares de voleibol com tendinopatia patelar (jumper's knee) mostram mais habilidade nos saltos e geração de energia que os jogares saudáveis, isso porque o mecanismo extensor do quadríceps desses atletas está sujeitos a cargas mais elevadas.

A flexão de joelho na aterrissagem é fundamental para a prevenção de lesões do mecanismo extensor de joelho, pois na aterrissagem o quadríceps tem seu papel de contração excêntrica que leva a desaceleração do movimento, quando ocorre uma lesão nesse mecanismo extensor o joelho fica mais rígido assim não tendo um bom amortecimento.

4. 2 Valgismo de joelho

O valgismo tem correlação com rotação externa de joelho e adução de quadril, segundo Willson and David (2008). O estudo de Pappas *et al.* (2007), mostra o aumento do valgismo (figura 2) na aterrissagem unilateral comparada com a aterrissagem bilateral (drop jump) (figura 3). A diferença é pequena, porém o aumento dessa magnitude pode aumentar a força de tensão do LCA por mais de três vezes. Esse aumento do valgismo dinâmico do joelho durante a aterrissagem tem sido sugerido como um fator predisponente à lesão do LCA (HEWETT *et al.*, 2005) e tem sido descrito como parte do mecanismo de lesão (OLSEN *et al.*, 2004). Diretamente relacionado com o valgismo de joelho, a adução de quadril é uma variável que requer atenção no que diz respeito ao seu papel em relação às lesões por uso excessivo e agudo (PAPPAS *et al.*, 2007). As atividades de cadeia cinética fechada, como os saltos, levam a maior adução de quadril e conseqüentemente um aumento da tensão no LCA (POWER *et al.*, 2003). A adução de quadril ocorre na fase de aterrissagem do salto e normalmente a lesão de LCA acontece em um mecanismo de não contato, que envolve rápida desaceleração do membro inferior (FERRETTI *et al.*, 1992).

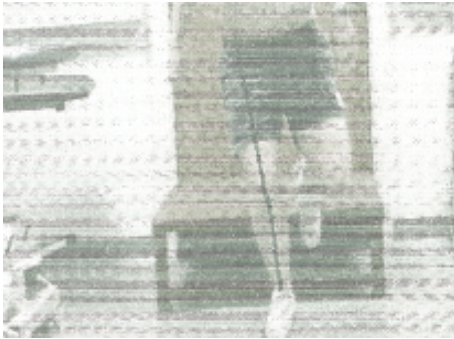


FIGURA 2 – Ângulo de valgismo no salto unilateral. (HERRINGTON; MUNRO, 2010)



FIGURA 3 – Ângulo de valgismo no drop jump (HERRINGTON; MUNRO, 2010)

O aumento de valgismo dinâmico e a rotação externa da tibial têm sido identificados como um potencial mecanismo de lesões crônicas no joelho, como a síndrome patelofemoral (IRELAND *et al.*, 2003) e a síndrome de fricção do trato iliotibial (FREDERICSON *et al.*, 2000). Esses mesmos autores mostram que os sujeitos com essas patologias têm uma diminuição na força dos abdutores de quadril. A relação entre a fraqueza de abdutores de quadril e as lesões crônicas de joelho durante uma atividade prolongada sugere que a resistência desse grupo muscular pode desempenhar um papel vital para o controle neuromuscular do joelho (JACOBS *et al.*, 2007). Em uma revisão de potencial fatores de riscos para lesão de LCA, Griffin *et al.* (2000), afirmou que o controle neuromuscular do quadril pode influenciar nas forças do joelho. O estudo de Jacobs *et al.* (2007), também afirma a ligação neuromuscular entre o quadril e o joelho, sugerindo que abdutores de quadril auxiliam no controle do movimento de joelho durante a atividade dinâmica associada ao esporte. Os resultados do estudo sugerem que os sujeitos que tem maior força

de abdutores de quadril pode ter maior benefício na cinemática do joelho na aterrissagem do salto, pois o aumento do pico de torque dos abdutores de quadril pode demonstrar diminuição no valgismo de joelho com um resultado de maior controle de quadril. Bobbert e van Zandwijk (1999) informaram que a habilidade do quadríceps e isquiossurais para resistir às forças dos saltos são significativamente melhor quando há aumento da atividade muscular do quadril e assim melhorando o controle neuromuscular do joelho durante a aterrissagem do salto.

Dessa forma, é importante realizar fortalecimento de músculos abdutores de quadril para um melhor alinhamento dos joelhos na aterrissagem dos saltos realizados pelos atletas.

4. 3 Força de reação do solo

A força de reação do solo é a força que vem da superfície de contato a partir do apoio inicial que o pé faz com o solo. Essa força pode gerar cargas internas que aumentam a probabilidade de causar lesões se não forem suficientemente distribuídas pelo sistema musculoesquelético (SALCI *et al.*, 2004).

Santello e McDonagh (1998) estudaram a dinâmica da aterrissagem em diferentes alturas e foi observado que quando mais alto o salto, maior a força de reação do solo. No estudo de Bisseling, Hof, Bredeweg *et al.* (2007) foi realizado drop jump com as alturas de 30cm, 50cm e 60cm em três grupos: grupo controle, grupo assintomáticos com historia previa de tendinopatia patelar e grupo sintomático com historia recente de tendinopatia patelar e o resultado mostrou que no estudo não teve diferença significativa da FRS entre o grupo controle e o grupo assintomático. Os autores mensuraram o grau de flexão do joelho no momento de pico da força de reação vertical do solo e esperavam achar um efeito significativo, pois o grupo assintomático teve uma estratégia de rigidez do joelho na aterrissagem, mas o resultado não foi encontrado.

No estudo de Salci *et al.* (2004), o pico da força de reação do solo foi comparado entre homens e mulheres jogadores de voleibol e foi observado que as

atletas tiveram uma maior força de reação do solo que os homens durante a aterrissagem. A sugestão do estudo é que existe uma diferença nas variáveis biomecânicas entre os sexos. Os jogadores de voleibol tiveram maior flexão de joelho na aterrissagem, possibilitando o desenvolvimento de mecanismo de proteção para absorção da força de reação do solo.

Além das estratégias cinéticas e cinemáticas para a aterrissagem, o equilíbrio das forças do quadríceps e isquiossurais são importantes para harmonizar a função do joelho. As jogadoras de vôlei tiveram no estudo de Salci *et al.* (2004), fraqueza de quadríceps e isquiossurais quando normalizados para o peso corporal. O isquiossural pode ter um efeito de proteção de excessiva tensão no LCA nas atletas femininas e o quadríceps tem dominância em relação ao isquiossural, assim é preciso adicionar para aumentar a força desse grupo muscular para ter o equilíbrio de forças (HUSTON *et al.*, 2000). Bahr *et al.* (1997) relata a diminuição da taxa de lesão nos atletas de voleibol depois de treinos de aterrissagem. Especialmente nas atletas, é preciso trabalhar exercícios de aterrissagem para reforço nas pernas para aumentar o ângulo de flexão do joelho que lhe daria a capacidades de distribuir o seu proporcional peso nas duas pernas (SALCI *et al.*, 2004).

4. 4 Diferença na aterrissagem entre homem e mulher

A diferença da aterrissagem entre homens e mulheres tem sido descrita na literatura por diferentes estudos (KERNOZEK *et al.*, 2005; FORD *et al.*, 2003; PAPPAS *et al.*, 2007). No estudo de Kernozek *et al.* (2005), foram realizados drop jump em 15 mulheres e 15 homens que eram atletas amadores e sem nenhuma historia de lesão nos membros inferiores, e os resultados demonstram aumento significativo do pico de ângulo de valgismo de joelho e aumento do pico vertical de força nas mulheres. Esse estudo concorda com o estudo de Ford *et al.* (2003) que encontrou uma diferença significativa no aumento do ângulo de valgismo de joelhos das mulheres e relata que existe uma incapacidade do controle muscular dos atletas nas articulações dos membros inferiores durante os movimentos específicos do esporte, com isso resultando em excessivo movimento de valgismo e forças anormais.

Segundo Jacobs *et al.* (2007), uma explicação para o aumento de valgismo de joelho nas mulheres é a largura do quadril, que aumenta o braço de alavanca dos abdutores de quadril e assim tem a diminuição a capacidade de produção de força desse grupo muscular. Ainda assim, apesar de ter os abdutores de quadril mais fracos por estarem em uma posição mecanicamente desfavorável, as mulheres poderiam aumentar a ativação desse grupo muscular. No entanto as mulheres não realizam esse aumento de ativação dos abdutores na aterrissagem dos saltos.

O estudo de Pappas *et al.* (2007) também mostra a diferença dos sexos na aterrissagem do salto, tendo o resultado de aumento do valgismo de joelho e da força de reação vertical nas mulheres. Porém o estudo não observou a cinemática do quadril, assim não sugerindo o aumento do valgismo com relação ao quadril como os estudos citados a cima. O aumento da força de reação vertical nas mulheres também não foi esclarecido, pois não foi observada a diferença da ativação eletromiografica. Nos saltos unilaterais realizados foi observado que as variáveis biomecânicas aumentaram em relação ao salto bilateral, assim aumentando o risco de lesões nos ligamentos. As implicações podem ser mais serias nas atletas do sexo feminino, pois elas tiveram o aumento do valgismo e na força de reação do solo na aterrissagem do salto maior que a dos atletas masculinos.

Segundo Hewett *et al.* (2005), as atletas femininas que sofreram lesão de LCA na competição demonstraram alteração nas características de controle neuromuscular comparado com as atletas não lesionadas, evidenciado por diferença na biomecânica dos membros inferiores durante o movimento de aterrissagem do salto. Especificamente, as atletas lesionadas demonstraram aumento significativo no valgismo dinâmico e na carga de abdução do joelho. O mecanismo de aterrissagem com valgismo dinâmico tem sido proposto como prejudicial para os joelhos e os resultados do estudo mostram que os atletas devem ser estimulados a evitar valgismo excessivo na aterrissagem ou desaceleração para minimizar os riscos de lesões no joelho.

5 CONCLUSÃO

A aterrissagem é um movimento sempre presente nos treinos e jogos de vôlei e se ocorre alterações deste movimento as lesões podem apresentar maior frequência. As lesões mais comuns em relação à aterrissagem são a tendinopatia patelar e a ruptura do LCA. Os mecanismos causadores dessas lesões são a diminuição da flexão de joelho, o aumento do valgismo de joelho e o aumento da força de reação do solo.

Nas comparações das aterrissagens entre os saltos bilaterais e unilaterais as variáveis foram sempre acentuadas. A diminuição da flexão de joelho ocorre por causa de mecanismos compensatórios que faz a articulação ficar mais rígida para evitar quedas, o aumento do valgismo pelo ser explicado pela fraqueza dos músculos abdutores e o aumento da força de reação do solo ocorre pela diminuição da flexão de joelho, onde não ocorre corretamente a distribuição da força interna pelo sistema músculo esquelético. O estudo mostra também que nas atletas femininas tem aumento significativo das variáveis, tendo maior risco de ter lesões.

Tendo em vista os resultados dos estudos analisados nesta revisão, é importante a realização de programas de exercícios para a prevenção de lesões nos atletas de voleibol. O objetivo dos exercícios deve ser a redução da força de reação do solo através do aumento da flexão de joelho durante a aterrissagem e fortalecimento dos abdutores e rotadores externos de quadril para a redução do valgismo dinâmico. Finalmente, o programa preventivo deve incluir exercícios de co-contracção muscular, exercícios de pliometria e exercícios funcionais, para aumentar a capacidade do sistema músculo-esquelético do atleta dissipar, absorver e transferir as forças imposta pelo salto vertical e reduzir a probabilidade de lesões relacionadas às disfunções biomecânicas da aterrissagem no voleibol.

REFERÊNCIAS

BAHR, R; LIAN, O; BAHRIA. – A twofold reduction in the incidence of acute ankle sprains in volleyball after the introduction of an injury prevention program: a prospective cohort study. **Scand J Med Sci Sports.**, v.7, n.3, p.172-177, 1997.

BISSELING, RW; HOF, AL; BREDEWEG, SW; ZWERVER, J; MULDER, T. Relationship between landing strategy and patellar tendinopathy in volleyball. **Br J Sports Med.**, v.41, n. 7, e8, 2007.

BOBBERT, MF; van ZANDWIJK, JP. Dynamics of force and muscle stimulation in human vertical jumping. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 31, n. 2, p. 303-10, 1999.

BODEN, BP; DEAN, GS; FEAGIN, JA Jr; GARRETT, WE. J. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. **Orthopedics**, v. 23, p. 573-578, 2000.

BRINER, WW Jr; BENJAMIN, HJ. Volleyball injuries: managing acute and overuse disorders. **Phys Sportsmed.**, p. 27, n.3, p.48-60,1999.

COOK, JL; KISS, ZS; KHAN, KM; PURDAM, CR; WEBSTER, KE. Anthropometry, physical performance, and ultrasound patellar tendon abnormality in elite junior basketball players: a cross-sectional study. **Br J Sports Med.**, v.38, p.206-209, 2004.

DUFEC, J; BATES, B. Biomechanical factors associated with injury during landing in jump sports. **Sports Med.**, v.12, p.326-337,1991.

FAGENBAUM, R; DARLING, W. Jump landing strategies in male and female college athletes and implications of such strategies for anterior cruciate ligament injury. **Am J Sports Med.**, v.31, p.223-240, 2003.

FERRETTI, A; CERULLO, G; RUSSO, G. Suprascapular neuropathy in volleyball players. **J Bone Joint Surg (Am)**, v.69, n.2, p.260-263,1987.

FERRETTI, A; PAPANDREA, P; CONTEDEUCA, F. Knee injuries in volleyball. **Sports Med.**, v.10, p.132-138,1990.

FERRETTI, A; PAPANDREA, P; CONTEDEUCA, F; MARIANI, PP. Knee ligament injuries in volleyball players. **Am.J.Sports Med.**, v.20, p.203-207,1992.

FORD, KR; MYER, GD; HEWETT, TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. **Med Sci Sports Exerc.**, v.35, n.10, p.1745-1750, 2003.

FREDERICSON, M; COOKINGHAM, CL; CHAUDHARI, AM; DOWDELL, BC; OESTREICHER, U; SARHMANN, SA. Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. **Clin J Sport Med.**, v.10, p.169-175, 2000.

GRAY, J; TAUNTON, JE; MCKENZIE, DC; CLEMENT, DB; McCONKEY, JP; DAVIDSON RG. A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players. **Int J Sports Med.**, v.6, p.314-316,1985.

GRIFFIN, LY; AGEL, J; ALBOHM, MJ; ARENDT, EA; DICK, RW; GARRETT, WE; GARRICK, JG; HEWETT, TE; HUSTON, L; IRELAND, ML; JOHNSON, RJ; KIBLER, WB; LEPHART, S; LEWIS, JL; LINDENFELD, TN; MANDELBAUM, BR; MARCHAK, P; TEITZ, CC; WOJTYS, EM. Noncontact anterior cruciate ligament injuries; risk factors and prevention strategies. **J Am Acad Orthop Surg.**, v. 8, p.141-150, 2000.

HAKKINEN, K; KOMI, PV. Electromyographic changes during strength training and detraining. **Medicine and Science in sports and Exercise.** v.15, p.455-460, 1983.

HERRINGTON, L; MUNRO, A. Drop jump landing knee valgus angle; normative data in a physically active population. **Physical Therapy in Sport**, v.11, p. 56-59, 2010.

HERRINGTON, L. Knee valgus angle during landing tasks in female volleyball and basketball players. **J Strength Cond Res.**, v.25, n.1, p.262-266, 2011.

HEWETT, TE; FORD, KR; MYER, GD; WANSTRATH, K; SCHEPER, M. Gender differences in hip adduction motion and torque during a single-leg agility maneuver. **J Orthop Res.**, v. 24, p.416-421, 2006.

HEWETT, T; MYER, G; FORD, K. Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. **J Bone Joint Surg.**, v. 86, p.1601-1608, 2004

HEWETT, TE; MYER, GD; FORD, KR; HEIDT, RS Jr; COLOSIMO, AJ; McLEAN, SG; van den BOGERT, AJ; PATERNO, MV; 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. **Am J Sports Med.**, v.33, p.492-501, 2005.

HUBER, A; SUTER, E; HERZOG, W. Inhibition of the quadriceps muscles in elite male volleyball players. **Journal of Sports Sciences.** v.16, p.281-289,1988.

HUSTON, LJ; GREENFIELD, ML; WOJTYS, EM. Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. Potential risk factors. **Clin Orthop Relat Res.**, v.37, n.2, p.50-63, 2000.

IRELAND, M. Anterior cruciate ligament injury in female athletes: epidemiology. **J Athl Train.**, v.34, p.150-154, 1999.

IRELAND, ML; WILLSON, JD; BALLANTYNE, BT; DAVIS, IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. **J Orthop Sports Phys Ther.**, v.33, p.671-676, 2003.

JACOBS, CA; UHL, TL; MATTACOLA, CG; SHAPIRO, R; RAYENS, WS. Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences. **J Athl Train.**, v.42, p.76-83, 2007.

JAMES, CR; BATES, BT; DUFEK, JS. Classification and comparison of biomechanical response strategies for accommodating landing impact. **J Appl Biomech.**, v.19, p.106-118, 2003.

KERNOZEK, T; TORRY, M; VAN HOOFF, H; *et al.* Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.37, p.1003-1012, 2005.

KERNOZEK, TW; TORRY, MR; VAN HOOFF, H; COWLEY, H; TANNER, S. Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings. **Med Sci Sports Exerc.**, v.37, n.6, p.1003-1012, 2005.

KUJALA, UM; AALTO, T; OSTERMAN, K; DAHLSTROM, S. The effect of volleyball playing on the knee extensor mechanism. **The Am Journal of Sports Medicine.** v.17, n.6, p.766-769, 1989.

LIAN, O; ENGBRETSSEN, L; BAHR, R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. **Am J Sports Med.**, v.33, p.561-567, 2005.

LIAN, Ø; REFSNES, PE; ENGBRETSSEN, L; BAHR, R. Performance characteristics of volleyball players with patellar tendinopathy. **Am J Sports Med.**, v.31, p.408-413, 2003.

MARKOLF, K; O'NEIL, G; JACKSON, S. Effects of applied quadriceps and hamstrings muscle loads on forces in the anterior and posterior cruciate ligaments. **Am J Sports Med.**, v.32, p.1144-1149, 2004.

NAGANO, A; KOMURA, T; YOSHIOKA, S; FUKASHIRO, S. Contribution of non-extensor muscles of the leg to maximal-effort countermovement jumping. **Biomed Eng Online.**, n.4, p.52, 2005.

OLSEN, O; MYKLEBUST, G; ENGBRETSSEN, L; *et al.* Injury Mechanism for anterior cruciate ligament injuries in team handball. **Am J Sports Med.**, v.32, p.1002-1012, 2004.

ORISHIMO, KF; KREMENIC, IJ; PAPPAS, E; HAGINS, M; LIEDERBACH, M. Comparison of landing biomechanics between male and female professional dancers. **Am J Sports Med.**, v.37, n.11, p.2187-2189, 2009.

PAPPAS, E; HAGINS, M; SHEIKHZADEH, A; NORDIN, M; ROSE, D. Biomechanical differences between unilateral and bilateral landings from a jump: gender differences. **Clin J Sport Med.**, v.17, n.4, p.263-268, 2007.

POWERS C. The influence of altered lower extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. **J Orthop. Sports Phys Ther.**, v.33, p.639-646, 2003.

REESER, JC; VERHAGEN, E; BRINER, WW; ASKELAND, TI; BAHR, R. Strategies for the prevention of volleyball related injuries. **Br J Sports Med.**, v.40, p.594-600, 2006.

RUSSELL, KA; PALMIERI, RM; ZINDER, SM; INGERSOLL, CD. Sex differences in valgus knee angle during a single-leg drop jump. **J Athl Train.**, v.41, p.166-171, 2006.

SALCI , Y; KENTEL, BB; HEYCAN, C; AKIN, S; KORKUSUZ, F. Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players. **Clin Biomech.**, v.19, n.6, p.622-628, 2004.

SALE DG. Neural adaptation to resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.20, p. S135-S145, 1988.

SANTELLO, M; McDONAGH, MJ. The control of timing and amplitude of EMG activity in landing movements in humans. **Exp Physiol.**, v.83, n.6, p.857-874,1998.

SCHAFLE, MD; REQUA, RK; PATTON, WL; GARRICK , JG. Injuries in the 1987 national amateur volleyball tournament. **Am J Sports Med.**, v.18, n.6, p.624-631,1990.

WAGNER, H; TILP, M; VON DUVILLARD, SP; MUELLER, E. Kinematic analysis of volleyball spike jump. **Int J Sports Med.**, v.30, n10, p.760-765, 2009.

WILLSON, J; DAVIS, I. Utility of frontal plane projection angle in females with patellofemoral pain. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.38, p.606-615, 2008.

ZEHR, EP; SALE, DG. Ballistic movement: Muscle activation and neuromuscular adaptation. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.19, p.363-378, 1994.