

Grazielle Cristina Evangelista de Freitas

**“PARÂMETROS BIOMECÂNICOS DO SALTO VERTICAL RELACIONADOS COM
LESÃO DE JOELHO EM ATLETAS DE VOLEIBOL: UMA REVISÃO NARRATIVA
DA LITERATURA”**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/EEFFTO

2015

Grazielle Cristina Evangelista de Freitas

**“PARÂMETROS BIOMECÂNICOS DO SALTO VERTICAL RELACIONADOS COM
LESÃO DE JOELHO EM ATLETAS DE VOLEIBOL: UMA REVISÃO NARRATIVA
DA LITERATURA”**

Trabalho de conclusão do curso de especialização 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.

Orientadora: Profa. Dra. Natália
F.N.Bittencourt

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/EEFFTO

2015

RESUMO

No voleibol a maioria das lesões ocorre nos membros inferiores e são observadas nos movimentos de saltos e aterrissagens, sendo a articulação do joelho uma das mais envolvidas. Sendo assim, a maioria das lesões acometem o Ligamento Cruzado Anterior (LCA) e o tendão patelar. Nesse contexto, muitos estudos avaliaram a biomecânica das técnicas de aterrissagem relacionada ao risco de lesão desse ligamento e outros estudos analisaram essas manobras em atletas de voleibol sem tendinopatia patelar (grupo controle) e com tendinopatia patelar (sintomáticos ou assintomáticos). Além disso, ao considerar a interação entre os segmentos proximais e distais da cadeia cinética, o joelho sofre influência de outras articulações o que pode aumentar o risco de lesão. Assim, o objetivo desse estudo foi realizar uma revisão narrativa dos parâmetros biomecânicos do salto vertical relacionados com lesão de joelho em atletas de voleibol. A revisão narrativa da literatura desse estudo foi realizada por meio de busca nas bases de dados pubmed, Medline, Pedro, Lilacs, Scielo e Bireme sendo incluídos vinte e dois artigos, sendo um artigo de revisão sistemática da literatura e vinte e um estudos observacionais. De acordo com os resultados dos estudos revisados, as evidências sugerem que a alteração do alinhamento dos membros inferiores, como por exemplo, o valgismo dinâmico de joelho, durante saltos e aterrissagens é fator associado à lesão de LCA e dor Patelofemoral em atletas de voleibol. Além disso, a técnica de aterrissagem unilateral e um padrão mais rígido somado à redução de dorsiflexão de tornozelo aumentaram o risco de ocorrência da tendinopatia patelar. Assim, essas alterações e padrões de movimentos devem ser analisados conjuntamente com outros fatores relacionados à carga de treinamento e volume de jogos, pois o surgimento dessas patologias é de causa multifatorial.

Palavras-chave: Jump. Volleyball. Knee. Injury.

ABSTRACT

In volleyball most injuries occur in the lower limbs and are observed in the movements of jumps and landings, and the knee joint one of the most involved. Therefore, most injuries involve the Anterior Cruciate Ligament (ACL) and the patellar tendon. In this context, many studies have evaluated the biomechanics of landing techniques related to the risk of injury in the ACL. Other studies have analyzed these movements in volleyball athletes without patellar tendinopathy (control group) and with patellar tendinopathy (symptomatic or asymptomatic). Moreover, thinking about the interaction between the proximal and distal segments of the kinetic chain, the knee is influenced by other joints which can increase the risk of injury. The objective of this study was to perform a narrative review of biomechanical parameters of vertical jump related knee injury in volleyball athletes. The narrative literature review of this study was conducted through search in pubmed, Medline, Pedro, Lilacs, Scielo and Bireme being included twenty-two articles. There was one systematic review and twenty-one observational studies. According to the results of the studies, evidence suggests that changing the alignment of the lower limbs, such as the dynamic valgus knee during jumping and landing is a factor associated to ACL injuries and Patellofemoral pain in volleyball athletes. In addition, the unilateral landing technique and a movement pattern with more strain associated with lower range of motion of ankle dorsiflexion will increase the risk of patellar tendinopathy. Thus, these changes and movement patterns should be analyzed together with other factors, such as training load and volume of games, because these disabilities are caused by multiple factors.

Keywords: Jump. Volleyball. Knee. Injury.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES/TABELAS

	Pág.
Tabela 1	11
Tabela 2	12

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	MÉTODOS	10
3.	RESULTADOS	11
4.	DISCUSSÃO	22
5.	CONCLUSÃO	26
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O voleibol, desde sua invenção em 1895, tem sido popular e atualmente tem participação de homens e mulheres de todas as idades e níveis de habilidade que praticam o esporte o ano todo (WILLIAN e BENJAMIM, 1990). Nessa modalidade os atletas realizam uma variedade de manobras típicas que envolvem saltos explosivos que geram alta demanda na velocidade e força dos extensores da perna (LIAN *et al.*, 2005) e em todos os movimentos existe o risco de lesão (WILLIAN E BENJAMIM, 1990). Assim, a carga aplicada ao corpo necessita ser mantida em equilíbrio com a capacidade de resposta ao estresse das estruturas musculoesqueléticas para evitar uma lesão (MCNITT-GRAY, 2000).

Foi reportado no voleibol que mais de 51% das lesões ocorre nos membros inferiores (NATIONALCOLLEGIATEATHLETICASSOCIATION 2004, 2008) e são observadas nos movimentos de saltos e aterrissagens que fazem parte das manobras de bloqueio e cortada (SALCI *et al.*, 2004). Majewski *et al.*, constataram que 39.8% das lesões investigadas em diversos esportes foram relacionadas á articulação do joelho e, especificamente, o voleibol ocupou a sexta posição na lista de incidência de lesão nessa articulação. Sendo assim, 60% dos acometimentos á estruturas internas implicaram em dano do Ligamento Cruzado Anterior (LCA) (MAJEWSKI *et al.*, 2006) e a tendinopatia patelar foi umas das lesões crônicas mais freqüentemente observadas, com uma prevalência de 45% entre atletas masculinos (LIAN *et al.*, 2003). É importante ressaltar que as lesões de joelho são associadas ao maior tempo de afastamento da prática esportiva em relação á outras lesões (SOLGARD *et al.*, 1995) e que a alta ocorrência de lesões nessa articulação pode estar relacionada com a demanda imposta ao sistema musculoesquelético gerada pela prática esportiva.

Considerando o corpo humano uma cadeia cinética, na fase de impulsão do salto, essa cadeia cinética atua para vencer a gravidade auxiliando na impulsão do corpo, enquanto na fase de aterrissagem ela atua para dissipar energia cinética através dos músculos e tendões (VAN DER WORP *et al.*) e nessa fase de contato com o solo a energia cinética gerada tem que ser corretamente absorvida

pelos componentes dessa cadeia para evitar lesão (BISSELING *et al.*,2008). Devita e Skelly reportaram que um padrão de aterrissagem mais flexível, caracterizada por maior flexão do tornozelo, joelho e quadril, proporcionou aumento da absorção da energia cinética pela musculatura reduzindo a carga em outros tecidos, enquanto um padrão de aterrissagem mais rígida, com o tronco mais ereto e menor flexão dessas articulações, expôs o sistema á maior estresse. Nesse contexto, alguns estudos reportaram um padrão de aterrissagem menos flexível em atletas assintomáticos com tendinopatia patelar prévia, com menor flexão das articulações, maior velocidade angular e força de reação do solo, visto que não há dor nesse grupo (BISSELING *et al.*, 2007,2008; SORENSON *et al.*, 2010). No caso dos atletas sintomáticos, foi observado o uso do padrão flexível sugerindo a hipótese de uma estratégia de movimento para evitar carga no tendão patelar por causa da dor (VAN DER WORP *et al.*; BISSELING *et al.*, 2007).Nesse contexto, a rigidez muscular e articular está relacionada á capacidade dessas estruturas de resistirem á perturbações e o ajuste contínuo da rigidez muscular permitiria a adaptação à grande variabilidade de demanda de estabilização articular existente nos diversos tipos de atividades esportivas. Sendo assim, o aumento na rigidez muscular e articular resultaria em maior habilidade da articulação em resistir á essas perturbações (FONSECA *et al.*, 2004).

Salci *et al.* reportaram diferença entre gêneros durante a manobra de aterrissagem, sendo que atletas femininas mostraram menor flexão de quadril e joelho e maior pico de força de reação do solo. Esse padrão aumenta a demanda dos extensores do joelho (POWERS, 2010) e provoca maior deformação do tendão patelar, que somado ao alto número de movimentos de saltos e aterrissagens, tanto na prática quanto no jogo, podem ser um fator de risco para tendinopatia patelar (BISSELING *et al.*,2007). Além disso, foi evidenciado que atletas com tendinopatia patelar tiveram menor absorção da energia mecânica durante a fase excêntrica da impulsão do salto (SORENSON *et al.*,2010). Como a articulação do joelho também sofre influência do comportamento mecânico de articulações proximais e distais, a redução de dorsiflexão do tornozelo em atletas de voleibol altera a biomecânica do membro inferior no movimento de aterrissagem e pode potencialmente aumentar a carga no tendão patelar (MALLIARAS *et al.*,2006). Além do aumento da força de reação do solo, as atletas femininas aterrissaram com aumento do valgo de joelho

nas técnicas bilateral e unilateral em comparação aos atletas masculinos (PAPPAS *et al.*,2007), e isso foi identificado como preditor de ruptura do LCA em atletas femininas (HEWETT *et al.*,2005) e como risco para desenvolver Dor Patelofemoral (MYER *et al.*,2015). O valgismo foi observado principalmente em aterrissagem em situação de um bloqueio sem sucesso, com continuação do jogo a bola continua do lado da rede dos bloqueadores e o atleta é forçado á recuar para trás e longe da rede, após uma aterrissagem, sem tempo suficiente para aterrissar com segurança (ZHRADNIK *et al.*,2014,2015). Além disso, o valgismo também foi observado em aterrissagem unilateral (PAPPAS *et al.*, 2007) evidenciando o risco de lesão de LCA.Nesse contexto, a força da musculatura abduutora e amplitude de movimento passiva dos rotadores internos do quadril também podem influenciar no alinhamento dinâmico do joelho no plano frontal associado ao alinhamento do pé durante tarefas funcionais de descarga de peso (POWERS, 2010; BITTENCOURT *et al.*, 2012). Dessa forma, uma adução e rotação interna excessivas do quadril com o pé fixo ao solo podem ocasionar o valgo dinâmico nessas tarefas (POWERS, 2010).

Diante dessas informações, percebemos que há uma interação entre os fatores biomecânicos dos segmentos proximais e distais do membro inferior durante atividades funcionais que aumentam risco de lesão no joelho dos atletas de voleibol. Conhecendo esses fatores e suas interações, bem como a demanda específica do voleibol, podemos traçar estratégias de prevenção e tratamento mais eficazes. Assim, o objetivo desse estudo foi realizar uma revisão narrativa dos parâmetros biomecânicos do salto vertical relacionados com lesão de joelho em atletas de voleibol.

2 MÉTODOS

A revisão narrativa da literatura deste estudo foi realizada por meio de busca nas bases de dados pubmed, Medline, Pedro, Lilacs, Scielo e Bireme incluindo artigos com as seguintes palavras-chave: jump, volleyball, knee injury. A pesquisa foi restrita à língua inglesa e portuguesa sem limitação de data. As listas de referências dos estudos incluídos e de outros estudos relevantes foram cuidadosamente verificadas para referências adicionais. Foram incluídos os estudos que analisaram as características de saltos ou aterrissagens em relação à lesões de joelho, se os parâmetros cinemáticos, cinéticos ou energéticos foram coletados, se a amostra envolveu atletas de voleibol ou se o estudo foi relevante ao público em questão.

3 RESULTADOS

Na pesquisa foram encontrados 64 artigos no total, sendo que apenas quatorze (14) envolveram os critérios de inclusão ou foram de relevância para o tema proposto. Foram excluídos os demais artigos que não analisaram as características de saltos ou aterrissagens em relação á lesões de joelho, que não coletaram os parâmetros cinemáticos, cinéticos ou energéticos e se a amostra não envolveu atletas de voleibol. Outros artigos adicionais foram encontrados após a verificação das listas de referências. Dessa forma, foram utilizados para a revisão vinte e dois (22) artigos, sendo um (1) artigo revisão sistemática da literatura (tabela 1), vinte e um (21) estudos observacionais (tabela 2).

Tabela 1 – Relação das revisões bibliográficas

Estudo	Amostra	Resultados Encontrados
van der Worp <i>et al.</i>	Revisão sistemática da literatura 9 Referências	<ul style="list-style-type: none"> - Os métodos usados foram diversificados, mas a literatura sugere que a tendinopatia patelar é causada principalmente por fatores relacionados á aterrissagem em vez da impulsão. - Empregando um padrão de aterrissagem flexível pode também ser uma forma conveniente de reduzir o risco para tendinopatia patelar em atletas que participam de esportes que envolvem saltos. - Foi proposto investigar o funcionamento da cadeia cinética, o treinamento excêntrico e particularmente mudança no padrão de aterrissagem como possíveis maneiras

		para atingir esse desfecho.
--	--	-----------------------------

Tabela 2 – Relação dos estudos observacionais

Estudo	Amostra	Resultados Encontrados
Zahradnik <i>et al.</i> 2015	14 jogadores de elite masculina de voleibol (idade 24.5 ± 4.6 anos; altura 1.94 ± 0.06 m; massa 86.6 ± 7.6 Kg). Nove atletas tinham história de cirurgia de quadril, joelho ou tornozelo dentro dos 6 meses prévios e no momento do teste eles não tinham lesões que impediram sua participação em atividade física. Apenas os indivíduos que usaram um passo para trás com o seu membro inferior direito na aterrissagem foram recrutados para o estudo.	<ul style="list-style-type: none"> - O membro inferior direito mostrou um maior primeiro pico de força de reação vertical do solo, um maior momento valgo, menor absorção de energia pelo joelho e maior absorção de energia pela articulação do quadril e tornozelo durante a aterrissagem com passo para trás. - O membro inferior que se movimenta imediatamente para trás após a aterrissagem pode ser exposto à maior risco de lesão do LCA na fase inicial de impacto na aterrissagem com passo para trás e essa técnica de aterrissagem aumentou tanto o valgo e o momento de rotação externa do joelho e reduziu a absorção de energia pela articulação do joelho.
Zahradnik <i>et al.</i> 2014	14 atletas de voleibol feminino com 2 a 14 anos de experiência em jogos da Liga, sem nenhuma história prévia de lesão em quadril, joelho e tornozelos e com idade $22.5 \pm$	<ul style="list-style-type: none"> - O tipo de aterrissagem teve efeito no momento valgo do membro inferior direito. - O maior momento valgo, que é considerado um fator de risco para lesão de LCA, ocorre durante a

	4.6 anos, altura 180.9 ± 0.1 cm e massa corporal 72.3 ± 8.3 Kg.	aterrissagem do tipo corrida para trás e esse tipo também mostrou maior força de reação do solo.
Richards <i>et al.</i> 2002	10 membros do time de voleibol masculino do Canadá sendo que 3 atletas foram diagnosticados com tendinopatia patelar.	<p>- Concluiu-se que um conjunto de variáveis ligadas á tendinopatia patelar incluiu alto momento de inversão para eversão do tornozelo, alta rotação externa da tíbia e momento de flexão-plantar, grande força de reação do solo e alta taxa de desenvolvimento do momento extensor do joelho.</p> <p>- Descobriu-se que o momento de inversão do pé direito durante a aterrissagem também foi um preditor significativo de tendinopatia patelar.</p>
Salci <i>et al.</i> 2004	<p>16 atletas de voleibol saudáveis da primeira liga universitária nacional (8 homens e 8 mulheres) sem lesão prévia severa na perna.</p> <p>Homens: idade 22.3 ± 2.5 anos, massa 79 ± 8.0 kg, altura 1.84 ± 0.1 m e índice de massa corporal 23.4 ± 2.0 Kg/m².</p> <p>Mulheres: idade 20.5 ± 1.9 anos, massa 58.9 ± 6.8 kg, altura 1.69 ± 0.1 m e índice de massa corporal 20.6 ± 1.5 kg/m².</p>	<p>- As atletas de vôlei feminino demonstraram significativamente ângulo de flexão do joelho e quadril menor comparado com seus pares masculinos.</p> <p>- O pico do momento extensor do joelho dos atletas masculinos foi significativamente maior que das atletas femininas á 60 cm de altura na aterrissagem após o bloqueio. Além disso, as atletas femininas aplicaram significativamente maior força de reação do solo do que o normalizado para o peso corporal.</p>

Malliaras <i>et al.</i> 2006	113 atletas masculinos e femininos de voleibol da competição da liga do estado de Victoria na Austrália com idade superior á 18 anos.	<p>- O acoplamento entre a dorsiflexão de tornozelo e a contração excêntrica da musculatura da panturrilha é importante na absorção da força no membro inferior na aterrissagem do salto.</p> <p>- Atletas de voleibol com a amplitude de dorsiflexão de tornozelo menor que 45 graus parecem ter maior risco de tendinopatia patelar.</p>
Bisseling <i>et al.</i> 2008	89 atletas de voleibol masculino da Holanda	<p>- A menor flexão da articulação do joelho durante a primeira parte do impacto da aterrissagem e maior taxa do momento do joelho, desenvolvido durante as fases excêntricas da seqüência de aterrissagem e salto na cortada, juntamente com maior velocidade angular dessa articulação podem ser fatores de risco para desenvolvimento da tendinopatia patelar em atletas de voleibol.</p> <p>- Para alguns atletas individuais, outros mecanismos podem desempenhar um papel no desenvolvimento da tendinopatia patelar.</p> <p>- Os treinadores devem estar conscientes da importância da carga excêntrica no mecanismo extensor da perna durante a fase de contramovimento da impulsão e aterrissagem dos atletas.</p>
Bisseling <i>et al.</i> 2007	Grupo 1 (controle): Oito atletas de voleibol saudáveis com idade	- grupo com tendinopatia patelar prévia e assintomáticos mostrou maior

	<p>23.6 ± 2.5 anos, massa corporal 84.5 ± 13.2 Kg e altura 1.89 ± 0.08 m.</p> <p>Grupo 2 : Sete atletas de voleibol assintomáticos com tendinopatia patelar prévia e idade 22.4 ± 2.6 anos, massa corporal 79.5 ± 5.6 Kg e altura 1.89 ± 0.07 m</p> <p>Grupo 3: Nove atletas de voleibol sintomáticos com tendinopatia patelar recente.</p>	<p>velocidade angular do joelho, maior taxa de carga no momento de flexão plantar do tornozelo, forte tendência de maior taxa de carga na força de reação do solo e no momento extensor do joelho comparado ao grupo sem a patologia.</p> <p>- Os valores mais elevados para o pico do momento, força e trabalho do joelho foram encontrados no grupo sem a patologia comparado aos sintomáticos.</p> <p>- Concluiu-se que os atletas sintomáticos com tendinopatia patelar recente usaram uma técnica de aterrissagem para evitar alta carga no tendão patelar e os assintomáticos usaram uma estratégia de aterrissagem rígida, o que pode ser um fator de risco para o desenvolvimento da tendinopatia patelar.</p>
Sorenson <i>et al.</i> 2010	<p>13 atletas de voleibol de elite masculino sendo o grupo experimental composto por 6 homens com história de tendinopatia patelar e o grupo controle por 7 homens sem história de dor no joelho ou lesão.</p>	<p>- A tendinopatia patelar está associada á diferenças de absorção de energia mecânica no plano sagital pela articulação do joelho durante o esforço máximo na abordagem de saltos do voleibol.</p> <p>- O trabalho e força articular podem auxiliar a definir o mecanismo subjacente, efeitos adaptativos ou estratégias eficazes de reabilitação para essa lesão.</p>
Sinsurin <i>et al.</i> 2013	<p>18 atletas masculinos (9 do basquete e 9 do voleibol) com idade entre 19 – 24 anos, índice</p>	<p>- Salto e aterrissagem em uma perna nas direções lateral e diagonal resultaram em maior pico do ângulo</p>

	de massa corporal entre 20.34 – 24.91 Kg/m ² .	valgo do joelho comparado á aterrissagem na direção para frente e pode levar ao maior risco de lesão de joelho.
Lian <i>et al.</i> 1996	24 atletas de voleibol masculino da Noruega sendo o grupo controle composto por 12 homens sem histórico de dor no joelho(saudáveis) e outro grupo de 12 homens com história de dor no tendão patelar ou quadríceps.	- As características de desempenho dos extensores da perna no grupo de atletas de voleibol com ruptura parcial do tendão patelar diferiu do grupo de atletas saudáveis. - Atletas com “joelho de saltador” ou tendinopatia patelar foram capazes de saltar mais alto, particularmente em saltos que envolveram a geração de força excêntrica, presumivelmente resultando em maior pressão sobre o tendão patelar e uma chance maior de lesões parciais.
Lian <i>et al.</i> 2003	47 atletas de voleibol masculino de alto nível da Noruega sendo o grupo controle composto por 23 homens sem sintomas no joelho e o grupo com 24 homens com tendinopatia patelar (joelho de saltador).	- Os resultados globais do programa de testes de saltos mostraram um aumento da capacidade de desempenho dos extensores da perna entre os atletas com um diagnóstico recente de tendinopatia patelar em comparação ao grupo controle. - O peso corporal dos atletas com tendinopatia patelar também foi maior, e eles supostamente fizeram mais o treinamento de peso do que o grupo sem sintomas. Todos estes fatores tenderão á aumentar a carga no aparelho extensor e, assim, aumentar a susceptibilidade á rupturas de tendões.
Tillman <i>et al.</i>	Gravações de vídeo de duas	- Quase metade de todas as

2004	partidas com atletas de voleibol feminino de quatro times da Divisão NCAA dos EUA foram analisados.	<p>aterrissagens do voleibol feminino de elite foi uma técnica de aterrissagem unilateral.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esta tendência observada pode ser especialmente importante quando se considera que o mecanismo mais freqüente de lesão no joelho no voleibol é uma aterrissagem unilateral de um salto. - O ensino adequado da técnica de aterrissagem pode auxiliar na redução da incidência de lesão no membro inferior no voleibol.
Hewett <i>et al.</i> 2005	205 adolescentes do sexo feminino de voleibol, futebol e basquete sendo 9 atletas com lesões do LCA e o restante grupo controle.	<ul style="list-style-type: none"> - O movimento do joelho e a força de reação ao solo durante uma tarefa de aterrissagem foram preditores de risco lesão do LCA em atletas do sexo feminino. - Atletas do sexo feminino com maior valgo dinâmico e alta carga de abdução têm risco aumentado de lesão do LCA.
Helland <i>et al.</i> 2013	17 atletas de voleibol masculino com tendinopatia patelar e 18 atletas saudáveis (controle)	<ul style="list-style-type: none"> - A tendinopatia patelar está associada com uma diminuição nas propriedades mecânicas do tendão em atletas de elite submetidos á um volume elevado da atividade salto. - Os atletas de voleibol com tendinopatia patelar apresentam uma melhor capacidade de utilizar o ciclo de alongamento-encurtamento nos saltos.
Leporace <i>et al.</i> 2010	15 atletas de voleibol do sexo masculino da categoria mirim	<ul style="list-style-type: none"> - na aterrissagem unilateral, os atletas apresentaram menor flexão do quadril e

	com idade 13 ± 0.7 anos, estatura 170 ± 12 cm, massa corporal 60 ± 12 kg.	joelho, assim como maior valgismo do joelho, quando comparada com a aterrissagem bilateral. - a cinemática dos membros inferiores se altera em função da configuração da conduta motora realizada em homens.
Devita e Skelly 1992	Oito atletas femininas saudáveis de voleibol e basquete com idade média 20 ± 1.3 anos e massa 68.4 ± 8.0 kg.	- Na aterrissagem suave, a fase de contato com o solo foi iniciada com uma configuração corporal mais flexionada com o quadril e joelho flexionados 9 graus a mais e o tornozelo em flexão plantar cerca de 5 graus a menos em comparação com a aterrissagem rígida. - A aterrissagem rígida foi realizada através do aumento do momento extensor do quadril e momento flexor do joelho para produzir uma postura corporal mais ereta antes do contato com o solo. - Foi identificado um aumento da contribuição muscular dos extensores de quadril e joelho nas aterrissagens mais suaves e maior contribuição dos flexores plantares do tornozelo nas aterrissagens rígidas.
Majewski <i>et al.</i> 2006	Foram documentados 17.397 pacientes com lesões esportivas que foram tratados na clínica ao longo de 10 anos. - 68,1% dos pacientes eram homens e 31,6% eram mulheres. - A documentação da lesão	- 39,8% das lesões documentadas estavam relacionadas com a articulação do joelho. - 20,3% de lesão do LCA em comparação com todas as lesões no joelho, sendo lesionado em 45,4% dos casos. - O voleibol ocupou o sexto lugar na

	incluiu idade, sexo, esporte, localização e diagnóstico dos pacientes.	<p>incidência de lesão na articulação do joelho sendo o LCA a estrutura mais acometida.</p> <p>- O conhecimento do padrão epidemiológico e o padrão específico de lesão da articulação do joelho durante a prática esportiva pode ajudar a prevenir, diagnosticar e tratar lesões de joelho.</p>
Pappas <i>et al.</i> 2007	<p>Trinta e dois indivíduos (16 mulheres) foram recrutados de universidades e faculdades de Nova York.</p> <p>Somente voluntários saudáveis com idades entre os 20 e 40 anos e com participação em esportes recreativos foram recrutados.</p>	<p>- Comparado às aterrissagens bilaterais, os indivíduos realizaram aterrissagens unilaterais com aumento do valgo de joelho, diminuição da flexão de joelho no contato inicial, diminuição do pico da flexão do joelho e redução da adução do quadril.</p> <p>- As atletas do sexo feminino aterrissaram com aumento do valgo de joelho e força de reação do solo em relação aos atletas do sexo masculino durante os dois tipos de aterrissagens.</p>
Solgård <i>et al.</i> 1995	<p>Atletas ativos do clube de voleibol da Dinamarca: 11 – 17 anos de idade (94 homens e 96 mulheres), 18 – 24 anos (370 homens e 432 mulheres) e de 25 – 45 anos (317 homens e 238 mulheres)</p>	<p>- Voleibol representou 5,3% de todas as lesões associadas com esporte.</p> <p>- Em relação ao número total de atletas lesionados o Voleibol ocupou o quarto lugar na lista dos esportes mais susceptíveis para causar lesão.</p> <p>- As lesões de joelho (n = 17) incluíram duas luxações patelo-femorais, uma ruptura do ligamento cruzado anterior, uma lesão combinada (LCA+colateral medial) e uma lesão crônica por uso excessivo.</p>
Myer <i>et al.</i>	Grupo com lesão de LCA	- O momento de abdução do joelho

2015	<p>composto por 205 atletas de vôlei, futebol e basquetebol do sexo feminino do ensino médio. Grupo com Dor Patelo Femoral com 240 atletas de basquete do sexo feminino do ensino fundamental e médio.</p>	<p>acima de 15,4 Nm durante a aterrissagem foi associado com um risco de 6,8% de desenvolver Dor Patelo Femoral e um momento abdutor acima de 25,3 Nm foi associada com um risco 6,8% para a subsequente lesão do LCA.</p> <p>- As atletas com lesão do LCA iniciaram a aterrissagem com um maior ângulo de abdução do joelho e uma redução da relação de força isquiotibiais-quadríceps em relação ao grupo com dor PateloFemoral.</p> <p>-Foi concluído que adolescentes do sexo feminino com média de idade de 13,3 anos, com carga de abdução maior que 15 Nm no joelho durante a aterrissagem está associada a uma maior probabilidade de desenvolver Dor Patelo Femoral. Além disso, em adolescentes com idade entre 16,1 anos com carga de abdução maior que 25 Nm no joelho durante a aterrissagem estão em risco aumentado para ambas lesões.</p>
Bittencourt <i>et al.</i> 2012	<p>Participaram do estudo 173 atletas do basquete, futebol, voleibol e ginástica (119 homens e 54 mulheres) que treinavam 5 vezes por semana. A média de idade foi de 16,6± 5,0 anos, massa corporal foi de 67,2± 16,4 kg ea altura era</p>	<p>- Durante o agachamento unipodal a redução do torque isométricoabdutor do quadrile o aumento da amplitude de movimento passiva de rotação interna do quadril foram preditores de alto ângulo de projeção do joelho no plano frontal (APJPF).</p> <p>- No momento da aterrissagem, o</p>

	<p>176,9±14,7 centímetros.</p> <p>Foram incluídos atletas sem dor e sem histórico decirurgia nos membros inferiores anterior á 6 meses.</p>	<p>alinhamento varo excessivo do antepé- perna, a redução do torque isométrico abdutor e aumento da amplitude de movimento passiva de rotação interna do quadril foram preditores de alto APJPF.</p>
--	---	--

4 DISCUSSÃO

A revisão da literatura indica que as lesões de joelho que mais acometem os atletas de voleibol são lesões crônicas por uso excessivo (tendinopatia patelar) e lesão do Ligamento Cruzado Anterior (LCA) (SOLGARD *et al.*, 1995), as quais foram observadas nas manobras de saltos e aterrissagens no voleibol (SALCI *et al.*, 2004). Assim, vários estudos analisaram saltos e aterrissagens em atletas de voleibol sem tendinopatia patelar (grupo controle) e com tendinopatia patelar (sintomáticos ou assintomáticos) (BISSELING *et al.*, 2007, 2008; SORESON *et al.*, 2010; LIAN *et al.*, 1996; LIAN *et al.*, 2003; HELLAND *et al.*, 2013). Foi reportado que os atletas sintomáticos geralmente utilizam um padrão de movimento flexível, com maior ângulo de flexão articular, durante a impulsão e aterrissagem do salto comparado ao grupo sem tendinopatia patelar (VAN DER WORP *et al.*). Com base na cinemática, pode ser hipotetizado que os atletas sintomáticos usaram esse padrão de movimento como estratégia para evitar carga no tendão e minimizar a dor (VAN DER WORP *et al.*; BISSELING *et al.*, 2007). Devita e Skelly (1992) encontraram que esse padrão flexível proporcionou um aumento da absorção da energia cinética pelos músculos, assim colocando menor estresse em outros tecidos. Por outro lado, comparado aos atletas sintomáticos, o grupo assintomático geralmente mostrou um padrão de movimento rígido nessas manobras, com menor flexão articular, alta velocidade angular e maior taxa do momento extensor do joelho, colocando maior carga no sistema esquelético (VAN DER WORP *et al.*, BISSELING *et al.*, 2007, 2008). Esses resultados cinemáticos indicam que os atletas assintomáticos provavelmente reverteram para o padrão de movimento que causou a tendinopatia patelar deles no passado, sendo que no momento presente estavam sem dor (Van der Worp *et al.*). Além disso, foi reportado que atletas sintomáticos geraram menor força e trabalho articular na articulação do joelho, o que está de acordo com a estratégia de minimizar a dor (BISSELING *et al.*, 2007; SORENSON *et al.*, 2010).

Além disso, o grupo sintomático apresentou menor ângulo de dorsiflexão do tornozelo quando comparado ao grupo sem tendinopatia patelar (VAN DER WORP *et al.*) e essa amplitude articular, menor que 45°, pode ser considerada um fator de risco para o desenvolvimento da tendinopatia patelar, visto que o

movimento do tornozelo contribui na absorção de forças no membro inferior (MALLIARAS *et al.*, 2006). Assim, o movimento de dorsiflexão no contato do pé com o solo ocorre acoplado com a contração excêntrica da musculatura da panturrilha, que representa 37 a 50% da energia cinética total absorvida pelo sistema muscular na aterrissagem (DEVITA e SKELLY, 1992). Isso significa que a restrição de dorsiflexão pode alterar a biomecânica da aterrissagem do membro inferior e potencialmente aumentar a carga no tendão patelar e o risco de lesão nessa estrutura (MALLIARAS *et al.*, 2006).

Considerando as características do desempenho dos extensores do joelho durante o salto e a aterrissagem, alguns estudos reportaram que os atletas com tendinopatia patelar geralmente apresentaram melhor desempenho nos testes de saltos e de força que os atletas sem a lesão, especialmente nos testes envolvendo trabalho excêntrico (LIAN *et al.*, 1996, 2003; HELLAND *et al.*, 2013). Levando em conta que a absorção de carga no movimento excêntrico é importante para o mecanismo de lesão do tendão (BISSELING *et al.*, 2007), um estudo evidenciou que atletas com tendinopatia patelar tiveram menor absorção da energia mecânica durante a fase excêntrica da impulsão do salto (SORENSEN *et al.*, 2010). Isso indica que o aparato extensor do joelho de atletas com tendinopatia patelar e alto desempenho pode estar sujeito a altas cargas durante o jogo de voleibol e sendo assim, a taxa de força desenvolvida durante essa manobra ou as forças agindo no tendão podem ultrapassar as habilidades adaptativas do mesmo e com isso causar microrupturas (LIAN *et al.*, 2003). Esse fato, juntamente com o alto volume de treinamento dos atletas pode aumentar o risco de lesão. Sendo assim, foi sugerido que o risco para tendinopatia patelar pode estar relacionado a carga colocada ao mecanismo extensor durante as manobras de saltos e aterrissagens como evidenciado pelas diferenças na capacidade de desempenho entre atletas com e sem a lesão (LIAN *et al.*, 1996).

Dentro desse contexto, além dos fatores citados, um estudo mostrou que o padrão de movimento incorreto e, conseqüentemente, a alteração de alinhamento da patela durante atividades dinâmicas podem promover um aumento das forças de cisalhamento no tendão patelar, favorecendo o surgimento de tendinopatias patelares (MENDONÇA *et al.* 2005). Além disso, foi evidenciado que

em uma aterrissagem do salto com alteração do alinhamento dinâmico do membro inferior o impacto da carga pode não ser absorvido completamente por músculos e tecidos cartilagosos e os ligamentos são forçados a absorver essa carga sendo susceptíveis a lesão (SINSURIN *et al.* 2013).

Em relação à ruptura do LCA, uma carga excessiva nesse ligamento pode ocorrer se a musculatura do membro inferior não for capaz de absorver as forças durante a aterrissagem (SINSURIN *et al.* 2013). Neste sentido, estudos avaliaram a biomecânica das técnicas de aterrissagem relacionada ao risco de lesão desse ligamento e segundo um estudo, as variáveis biomecânicas diferem entre sexo durante a atividade de aterrissagem nas manobras de bloqueio e cortada do voleibol (SALCI *et al.* 2004). Nesse caso, as atletas de voleibol feminino apresentaram maior força de reação ao solo, menor flexão de quadril e joelho e menor força dos músculos quadríceps e isquiossurais durante todas as manobras (SALCI *et al.* 2004). Além disso, foi evidenciado que atletas femininas aterrissaram com aumento do valgo de joelho e maior força de reação ao solo nas aterrissagens bilateral e unilateral em comparação aos atletas masculinos (PAPPAS *et al.*,2007), sendo essas duas variáveis consideradas preditoras de risco de lesão de LCA em atletas desse sexo (HEWETT *et al.* 2005). Dessa forma, essa alteração de alinhamento dinâmico impõe forças rotacionais e de cisalhamento na articulação do joelho, gerando aumento dasobrecarga no LCA (HEWETT *et al.* 2005).

Nesse contexto, uma redução da flexão de quadril na aterrissagem pode resultar em alto torque extensor do músculo quadríceps, que em combinação a alta força de reação do solo pode acelerar excessivamente a tíbia anteriormente sobre o fêmur e conseqüentemente provocar lesão no LCA (BALL *et al.* 1999). Além disso, considerando que o equilíbrio de força entre quadríceps e isquiossurais é importante para a função normal do joelho e que os isquiossurais podem ter um efeito protetor para tensão excessiva do LCA, a fraqueza dessas musculaturas somado a redução da amplitude de movimento das articulações do membro inferior podem ser fatores para o aumento da incidência de lesão desse ligamento em atletas femininas de voleibol (SALCI *et al.* 2004). Nesse sentido, um estudo mostrou que a compressão articular através da co-contracção muscular permite que uma maior carga de adução do joelho seja absorvida pelas forças de contato articulares, o que pode proteger os ligamentos de altas cargas (HEWETT *et al.* 2005).

Durante o bloqueio, alguns estudos avaliaram o uso de técnicas específicas de aterrissagens nessa manobra (ZHRADNIK *et al.* 2014; ZHRADNIK *et al.* 2015). No caso de sucesso no bloqueio, em que a bola aterrissa no lado do adversário, o atleta não sofre pressão do tempo para aterrissar e geralmente utiliza a aterrissagem bilateral ou com passo para trás com o pé direito logo após contato com o solo. No caso do bloqueio sem sucesso, onde a bola continua do lado dos bloqueadores, os atletas geralmente utilizam uma aterrissagem com corrida para trás para preparar imediatamente para um novo ataque sem ter tempo suficiente para aterrissar com segurança. Assim, foi reportado que essas aterrissagens evidenciaram aumento do valgo e momento de rotação externa do joelho direito e menor absorção de energia nessa articulação, sendo a aterrissagem com corrida para trás o tipo de técnica que mostrou maior momento valgo (ZHRADNIK *et al.* 2014; ZHRADNIK *et al.* 2015). Outros estudos mostraram que a técnica de aterrissagem unilateral foi a mais observada no voleibol e que o mecanismo mais freqüente de lesão no joelho nessa modalidade é durante esse tipo de movimento (TILLMAN *et al.* 2004), sendo que as aterrissagens nas direções lateral e diagonal resultaram em maior pico do ângulo valgo do joelho comparado à aterrissagem na direção para frente podendo levar ao maior risco de lesão de joelho. (SINSURIN *et al.* 2013). Portanto, a produção de maior força de reação do solo no membro inferior de apoio provoca maior ativação do quadríceps para frear o movimento e assim podendo implicar em maior tensão no LCA nesse tipo de técnica (TILLMAN *et al.* 2004).

A interligação entre segmentos da cadeia cinética é determinante para as lesões no joelho. Bittencourt *et al.* 2012 reportaram que fatores estruturais tais como alinhamento perna-antepé e rigidez do quadril parecem desempenhar importante papel em controlar os movimentos da articulação do joelho. Esse estudo mostrou que no momento da aterrissagem, o alinhamento varo excessivo do complexo perna-antepé, a redução do torque isométrico abductor e aumento da amplitude de movimento passiva de rotação interna do quadril foram preditores de alto ângulo de projeção do joelho no plano frontal (APJPF, valgismo dinâmico) (BITTENCOURT *et al.* 2012). Assim, a adução femoral excessiva durante essas tarefas pode ser resultado de fraqueza dos músculos abdutores do quadril enquanto

a abdução da tíbia pode ser resultado de excessiva pronação da subtalar ou também ser uma acomodação á adução femoral (POWERS *et al.* 2003).

A articulação patelofemoral também sofre grande influência de mudanças no alinhamento dos membros inferiores durante tarefas dinâmicas e sendo assim, o valgo dinâmico do joelho pode aumentar o ângulo Q e alterar o vetor de ação do quadríceps, podendo deslocar a patela medialmente (POWERS *et al.* 2003; 2010). Um estudo mostrou que um momento de abdução do joelho maior que 15,4 Nm, durante a aterrissagem, foi associado com um risco de 6,8% de desenvolver dor PateloFemoral e que valores acima de 25,3 Nm foi associado ao risco para subsequente lesão do LCA (MYER *et al.* 2015). Ainda nesse contexto, Powers *et al.* mostraram que a orientação do tronco no plano sagital também pode influenciar as demandas musculares dos membros inferiores. Sendo assim, uma aterrissagem com o tronco mais ereto aumenta a demanda sobre os extensores do joelho e reduz a demanda sobre os extensores de quadril. Essa orientação do tronco foi observada em aterrissagens mais rígidas (DEVITA e SKELLY, 1999) que juntamente com menor flexão das articulações dos membros inferiores coloca maior tensão no LCA (HEWETT *et al.* 2005).

Esses resultados demonstram a influência dos fatores biomecânicos dos segmentos proximais e distais na cadeia cinética dos membros inferiores no alinhamento e movimentos do joelho, como a produção de valgo dinâmico (alto APJPF) em tarefas funcionais de saltos e aterrissagens (BITTENCOURT *et al.* 2012). Além disso, atletas que apresentaram menor ângulo de alinhamento perna-antepé (menos de $10,9^\circ$) e o aumento do torque abdutor do quadril apresentaram alto APJPF e para o ângulo maior que $10,9^\circ$ o aumento da amplitude passiva de rotação interna de quadril foi o preditor mais importante. Esses resultados demonstram que a relação intersegmentar é complexa sendo a contribuição de um fator para a ocorrência da variável de desfecho dependente da presença de outro fator.

5 CONCLUSÃO

Após a revisão da literatura, este estudo concluiu que a alteração do alinhamento dos membros inferiores, como por exemplo, o valgismo de joelho, durante saltos e aterrissagens é fator associado á lesão de LCA e dor PateloFemoral em atletas de voleibol. Além disso, a técnica de aterrissagem unilateral e um padrão mais rígido nessa manobra somado á redução de dorsiflexão de tornozelo aumentaram o risco de ocorrência da tendinopatia patelar. Assim, essas alterações e padrões de movimentos devem ser analisados conjuntamente com outros fatores relacionados à carga de treinamento e volume de jogos, pois o surgimento dessas patologias é de causa multifatorial.

REFERÊNCIAS

BALL, K.A. *et al.* Lack of hip flexion: a mechanism for ACL injury. **Med. Sci. Sports Exerc. (Abstract)**. v.31, S295, 1999.

BISSELING, Rob W. *et al.* Relationship between landing strategy and patellar tendinopathy in volleyball. **British journal of sports medicine**, v. 41, n. 7, p. e8-e8, 2007.

BISSELING, Rob W. *et al.* Are the take-off and landing phase dynamics of the volleyball spike jump related to patellar tendinopathy?. **British journal of sports medicine**, v. 42, n. 6, p. 483-489, 2008.

BITTENCOURT, Natalia FN *et al.* Foot and hip contributions to high frontal plane knee projection angle in athletes: a classification and regression tree approach. **journal of orthopaedic& sports physical therapy**, v. 42, n. 12, p. 996-1004, 2012.

DEVITA, P. A. U. L.; SKELLY, WILLIAM A. Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. **MedSci Sports Exerc**, v. 24, n. 1, p. 108-115, 1992.

FONSECA, Sergio T.; OCARINO, Juliana Melo; SILVA, Paula LP. Ajuste da rigidez muscular via sistema fuso-muscular-gama: implicações para o controle da estabilidade articular. **Rev Bras Fisioter**, v. 8, n. 3, p. 187-95, 2004.

FORD, Kevin R.; MYER, Gregory D.; HEWETT, Timothy E. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 10, p. 1745-1750, 2003.

HELLAND, Christian *et al.* Mechanical properties of the patellar tendon in elite volleyball players with and without patellar tendinopathy. **British journal of sports medicine**, p. bjsports-2013-092275, 2013.

HEWETT, Timothy E. *et al.* 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, n. 4, p. 492-501, 2005.

JANSSEN, I. *et al.* Variations in jump height explain the between-sex difference in patellar tendon loading during landing. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 25, n. 2, p. 265-272, 2015.

LEPORACE, Gustavo *et al.* Diferenças na cinemática entre dois tipos de aterrissagens em atletas de voleibol masculinos. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v. 12, n. 6, p. 464-470, 2010.

LIAN, Øystein *et al.* Characteristics of the leg extensors in male volleyball players with jumper's knee. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 3, p. 380-385, 1996.

LIAN, Øystein *et al.* Performance characteristics of volleyball players with patellar tendinopathy. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 3, p. 408-413, 2003.

MAJEWSKI, M.; SUSANNE, Habelt; KLAUS, Steinbrück. Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study. **The knee**, v. 13, n. 3, p. 184-188, 2006.

MALLIARAS, Peter; COOK, Jillianne L.; KENT, Peter. Reduced ankle dorsiflexion range may increase the risk of patellar tendon injury among volleyball players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 9, n. 4, p. 304-309, 2006.

MENDONÇA, L. D. M., MACEDO, L. G., FONSECA, S. T., SILVA, A. A. Comparação do alinhamento anatômico de membros inferiores entre indivíduos saudáveis e indivíduos com tendinose patelar. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 9, n.1, p.101-107, 2005

MCNITT-GRAY, J. L. Musculoskeletal loading during landing. In: ZATSIORSKY, Vladimir. **Performance do Desempenho e Prevenção de Lesão**. 2004, v. 9, 2000.

MYER, Gregory D. *et al.* High knee abduction moments are common risk factors for patellofemoral pain (PFP) and anterior cruciate ligament (ACL) injury in girls: Is PFP itself a predictor for subsequent ACL injury?. **British journal of sports medicine**, v. 49, n. 2, p. 118-122, 2015.

PAPPAS, Evangelos *et al.* Biomechanical differences between unilateral and bilateral landings from a jump: gender differences. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 17, n. 4, p. 263-268, 2007.

POWERS, Christopher M. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 33, n. 11, p. 639-646, 2003.

POWERS, Christopher M. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. **journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 40, n. 2, p. 42-51, 2010.

RICHARDS, David P. *et al.* Relation between ankle joint dynamics and patellar tendinopathy in elite volleyball players. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 12, n. 5, p. 266-272, 2002.

SALCI, Yasar *et al.* Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players. **Clinical Biomechanics**, v. 19, n. 6, p. 622-628, 2004.

SINSURIN, Komsak *et al.* Altered Peak Knee Valgus during Jump-Landing among Various Directions in Basketball and Volleyball Athletes. **Asian journal of sports medicine**, v. 4, n. 3, p. 195, 2013.

SOLGÅRD, Lars *et al.* Volleyball injuries presenting in casualty: a prospective study. **British journal of sports medicine**, v. 29, n. 3, p. 200-204, 1995.

SORENSEN, Shawn C. *et al.* Knee extensor dynamics in the volleyball approach jump: the influence of patellar tendinopathy. **journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 40, n. 9, p. 568-576, 2010.

TILLMAN, Mark D. *et al.* Jumping and landing techniques in elite women's volleyball. **Journal of sports science & medicine**, v. 3, n. 1, p. 30, 2004.

VAN DER WORP, Henk *et al.* Is the jumper's knee a lander's knee? A systematic review of the relation between take-off and landing biomechanics and patellar tendinopathy. **Patellar tendinopathy**, p. 47.

WILLIAN, W.; BENJAMIM, J. Volleyball Injuries: managing acute and overuse disorders. **The Psysian and Sportsmedicine**, v. 27, n. 3, p. 1-8, 1999.

ZAHRADNIK, David *et al.* Ground Reaction Force and Valgus Knee Loading during Landing after a Block in Female Volleyball Players. **Journal of humankinetics**, v. 40, n. 1, p. 67-75, 2014.

ZAHRADNIK, David *et al.* Lower extremity mechanics during landing after a volleyball block as a risk factor for anterior cruciate ligament injury. **Physical Therapy in Sport**, v. 16, n. 1, p. 53-58, 2015.

NATIONAL COLLEGIATE ATHLETIC ASSOCIATION. Disponível em: https://www.ncaa.org/sites/default/files/NCAA_W_Volleyball_Injuries_WEB.pdf. Acesso em: 20 Jun. 2015.