

Ana Carolina Ferrer Lobo

**PRINCIPAIS LESÕES E ALTERAÇÕES BIOMECÂNICAS RELACIONADAS
COM A FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO EM ATLETAS SALTADORES:**

revisão bibliográfica

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2017

Ana Carolina Ferrer Lobo

**PRINCIPAIS LESÕES E ALTERAÇÕES BIOMECÂNICAS RELACIONADAS COM
A FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO EM ATLETAS SALTADORES: revisão
bibliográfica**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Pós-Graduado em Fisioterapia.
Orientador: Prof. Dr. Natália Franco Netto Bittencourt

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2017

RESUMO

A presente revisão teve como objetivo identificar as principais lesões osteomioarticulares e alterações biomecânicas relacionadas com a força de reação do solo em atletas saltadores. Para tanto, foi realizada pesquisa em bancos virtuais de saúde em busca de artigos publicados entre 2011 e 2016, escritos em português, inglês ou espanhol, que avaliassem a força de reação do solo durante tarefas de salto vertical. Para a análise dos dados, os resultados foram categorizados de acordo com o tipo de tarefa avaliativa de salto vertical: Grupos de Salto Vertical com Contramovimento (SVCM), Drop Jumps (DP) e Variações de Salto Vertical (VSV). No grupo de SVCM, os dados demonstraram lesões agudas de tornozelo e lesões de joelho por stress repetitivo associadas à baixas amplitudes de flexão dos MMII e pós esforço recorrente aumentado. Homens e mulheres comportaram-se de forma semelhante em resposta à fadiga, contudo, os homens tenderam a aterrissar com rigidez aumentada. No grupo de DP, observou-se que em 93% dos testes o atleta toca o solo assimetricamente e que a atenuação de forças tem relação aprofundada com a angulação de flexão plantar durante aterrissagem e angulação de flexão de joelho, quanto maior forem, menor será o pico de força de reação do solo. No grupo de VSV, constatou-se uma maior probabilidade de lesões de joelho e tornozelo em saltos que envolvem aterrissagem seguida de mudanças de direção de membros inferiores, como corrida ou passada para trás. Foi possível concluir que as principais lesões osteomioarticulares associadas à força de reação do solo foram entorses de tornozelo e joelho, fraturas por stress e lesões ligamentares, enquanto que as alterações biomecânicas mais comumente relacionadas a estas lesões foram amplitude de flexão de joelho e tornozelo abaixo do esperado, valgo dinâmico de joelho e técnicas de aterrissagem inapropriadas.

Palavras-Chave: Força de reação do solo. Lesão. Biomecânica. Esportes.

ABSTRACT

The present review aimed to identify the main osteomioarticular lesions and biomechanical alterations related to the ground reaction force in jumpers. In order to do so, a research was conducted in virtual health libraries searching for articles published between 2011 and 2016, written in Portuguese, English or Spanish, that evaluated the ground reaction force during vertical jump tasks. For the data analysis, the results were categorized according to the type of vertical jumping evaluation task: Countermovement Jump (CJ), Drop Jump (DP), Vertical Jump Variations (VJV). In the CJ group, the data demonstrate acute ankle injuries and repetitive stress knee injuries associated with low flexion amplitudes of the lower limbs and increased post-repetitive effort. Men and women behave similarly in response to fatigue, however, men tend to land with a greater amount of stiffness. In the DP group, it was observed that in 93% of the tests the athlete touches the ground asymmetrically and that the attenuation of forces has an intimate relationship with the angulation of plantar flexion during landing and angulation of knee flexion, the larger they are, the lower the peak of ground reaction force is. In the VJV group, there was a greater probability of knee and ankle injuries in jumps involving landing, followed by abrupt changes in lower limb directions, such as running or passing backwards. It was possible to conclude that the main osteomioarticular lesions most frequently associated with the ground reaction force were ankle and knee sprains, stress fractures and ligament injuries, whereas the biomechanical changes most commonly related to these injuries were reduced knee and ankle range of motion, dynamic knee valgus and inappropriate landing techniques.

Keywords: Ground reaction force. Injury. Biomechanics. Sports.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

2 METODOLOGIA

2.1 Aquisição de Dados

2.2 Avaliação Metodológica

2.3 Tratamento dos Dados

3 RESULTADOS

3.1 Características dos Estudos

3.2 Participantes

3.3 Variáveis de Salto e Aterrissagem

3.4 Principais Lesões e Alterações Biomecânicas

4 DISCUSSÃO

4.1 Salto Vertical com Contramovimento

4.2 Drop Jump

4.3 Variações de Salto Vertical

4.4 Limitações e Sugestões

5 CONCLUSÃO

REFERÊNCIAS

ANEXOS

Anexo 1 - Escala da Avaliação Metodológica de Downs & Black

FIGURAS

Figura 1 - Tipos de técnicas de bloqueio de rede analisadas no grupo de Variações de Salto Vertical (VSV)

1 INTRODUÇÃO

Segundo Brown C. *et al.* (2011), durante a realização de uma atividade esportiva, o sistema locomotor é submetido à diferentes exigências e sobrecargas, como saltos repetidos, acelerações e mudanças direcionais bruscas, sendo muito específico de cada indivíduo a capacidade de lidar com estas demandas impostas. Em determinados esportes, como vôlei e basquete, um bom desempenho alcançado durante tarefas de salto vertical (SV) é um critério determinante para o sucesso do atleta dentro da modalidade, sendo dessa forma imprescindível a avaliação dos componentes biomecânicos relacionados à essa tarefa, de modo que seja possível identificar o que determina seu sucesso ou fracasso (NIU *et al.*, 2013, p. 1078-79). Além de possibilitar a correlação de determinadas alterações biomecânicas, que somadas a outros fatores pertinentes ao atleta, podem representar riscos aumentados de lesões no sistema musculoesquelético e articular.

Em média, um atleta de basquete realiza 70 saltos durante uma partida e um atleta de vôlei realiza cerca de 60 durante uma hora de jogo, sendo estatisticamente comprovado que entre 45%-86% das lesões de tornozelo e joelho acontecem durante a realização de saltos (VAN DER DOES *et al.*, 2016).

O salto é composto por fases de decolagem, voo e aterrissagem e especialmente nesta última fase, existem forças de reação do solo (FRS) que atuam em resposta ao impacto do corpo com o solo. A FRS é composta por componentes de força vertical, médio-lateral e anteroposterior, sendo o vetor vertical de força majoritariamente responsável por potenciais riscos de lesões. Durante a fase de aterrissagem do salto, essas forças reacionais impactantes atuam em estruturas articulares e musculoesqueléticas, podendo expô-las a lesões em potencial (DE OLIVEIRA *et al.*, 2015, p. 409).

Segundo Rowley *et al.* (2015), os picos de força vertical de reação do solo e taxas de carga durante a fase de aterrissagem de um salto, tem sido frequentemente investigados como importantes fatores contribuintes para ocorrência de lesões em quadril, joelho e tornozelo. Assim como técnicas pobres de aterrissagem, que de acordo com McKay *et al.* (2001), representam 50% das lesões agudas de joelho e acarretam taxas de carga aumentadas nos membros inferiores, potencializando o risco de novas lesões e recidiva de lesões antigas. De acordo com a literatura, as

lesões mais frequentemente associadas à atletas saltadores são as entorses de tornozelo e joelho, fraturas por estresse e lesões de ligamento cruzado anterior.

As entorses de tornozelo e joelho são as lesões mais comuns na rotina esportiva de atletas saltadores e de acordo com Wang *et al.* (2006) estão frequentemente associadas ao contato físico com outro atleta, sendo cerca de 50% dessas lesões ocasionadas por pisar no pé de outro jogador. Técnicas inadequadas de aterrissagem e oscilações excessivas de balanço postural durante o pouso do salto, também são bem documentadas na literatura como importantes fatores contribuintes para lesões de joelho e tornozelo. (DOHERTY *et al.*, 2014, p. 125).

As fraturas por estresse representam até 20% de todas as lesões relacionadas ao meio esportivo sendo os locais mais comuns de lesões na tíbia, metatarsos e fíbula (FREDERICSON *et al.*, 2006, p. 309). Sendo, em concordância com Myer *et al.* (2010), a diminuição do momento de flexão do joelho e da amplitude de movimento em membros inferiores, fortemente relacionadas à incidência de casos deste tipo de fratura em atletas, assim como a instabilidade postural, especialmente em aterrissagens unipodais.

Em uma recente associação feita por meta-análise, entre fraturas de estresse nas extremidades inferiores e as variáveis de forças de impacto com o solo, os pesquisadores encontraram taxas de carga instantânea e média significativamente maiores no grupo de fratura de estresse (ZADPOOR *et al.*, 2011, p.26).

Rupturas parciais e totais de ligamento cruzado anterior também são associadas à elevadas taxas de cargas e ações de força de reação do solo. De acordo com Buttler *et al.* (2014), representam alto potencial de afastamento temporário do atleta da prática esportiva, impactando na performance e confiança do mesmo, além de gerar custos onerosos ao clube e risco elevado de surgimento precoce de artrose no joelho. "Até 70% dessas lesões ocorrem em situações sem contato e estão associadas a tarefas atléticas de alta carga" (BATES *et al.*, 2013, p. 1237).

Tendo-se em vista a importância da execução do SV e a sua correlação com as forças de impacto envolvidas, a força vertical de reação do solo (FVRS) torna-se um importante parâmetro avaliativo de sua eficácia. Vários estudos se dedicam a avaliar a FVRS como forma de analisar a performance de atletas durante o salto e aterrissagem, entretanto, o fazem utilizando-se de diferentes parâmetros,

características de população, métodos avaliativos e variadas formas de execução de salto. Levando em consideração especialmente a ausência de padronização de execução das tarefas avaliativas de salto, existe uma necessidade de reunir e unificar os resultados obtidos em pesquisas prévias, dividindo-se em grupos os diferentes tipos de tarefas de salto utilizadas para análise biomecânica. Dessa forma permite-se que seus variados resultados sejam interpretados em conjuntos semelhantes e tornem-se mais fiéis e esclarecedores no que diz respeito às alterações biomecânicas e lesões associadas à cada tipo específico de salto.

1.1 Objetivos

Os objetivos da revisão, portanto, foram avaliar e unificar as informações apresentadas nesses estudos diversificados com intuito de estabelecer a relação da força vertical de reação do solo com as principais alterações biomecânicas e possíveis lesões relacionadas às forças impactantes durante a ação do salto e sua consequente aterrissagem. Contribuindo desta forma, para possibilitar uma maior facilidade de identificação de fatores de risco e traçar protocolos avaliativos e preventivos, permitindo maior segurança durante a prática esportiva e permanência sem interrupções do atleta na prática esportiva.

2 METODOLOGIA

2.1 Aquisição de Dados

Foi realizada uma pesquisa nos bancos virtuais de dados MEDLINE, Banco Virtual em Saúde (BVS), EMBASE e Cochrane entre janeiro e julho de 2017. Os estudos foram incluídos na pesquisa se, (1) investigassem a interação entre diferentes parâmetros de força vertical de reação do solo (FVRS) e ocorrência de lesões e alterações biomecânicas, (2) estivessem escritos em português, inglês ou espanhol, (3) avaliassem atletas profissionais, amadores e recreacionais praticantes de modalidades esportivas que demandassem repetições de saltos e (4) tivessem sido publicados entre janeiro de 2010 e julho de 2017. Foram incluídos tanto estudos que alocaram participantes em diferentes grupos de acordo com características pré-estabelecidas, bem como estudos que não realizaram nenhuma divisão de grupos. Os artigos foram selecionados inicialmente pela leitura de títulos e resumos e, se necessário, textos completos. A bibliografia dos artigos selecionados também foi analisada em busca de artigos pertinentes ao tema da pesquisa e que também se encaixassem nos critérios de inclusão estabelecidos. Foram excluídos os artigos que avaliassem FVRS em programas de reabilitação pós-cirúrgicos e não especificassem o esporte praticado pelos indivíduos participantes da pesquisa.

2.2 Avaliação Metodológica

Todos os artigos selecionados para análise final foram metodologicamente avaliados por um avaliador independente. A qualidade metodológica foi determinada utilizando um conjunto de 27 critérios pré-definidos pertencentes à escala da avaliação metodológica de Downs & Black (Anexo 1), para estudos clínicos não aleatoriamente randomizados. Estudos com pontuação de 60% (16/27) ou mais foram considerados de qualidade suficiente e foram incluídos na revisão.

2.3 Tratamento dos Dados

Mediante leitura e revisão dos artigos selecionados, os mesmos foram agrupados de acordo com a tarefa avaliativa de salto a que submeteram seus participantes:

Grupo de Saltos com Contramovimento, Grupo de Drop Jumps, Grupo de Variações de Salto Vertical. Sendo as definições de cada salto:

- Salto com Contramovimento: definido como o salto realizado pelo atleta inicialmente na posição de pé, seguido de flexão de membros inferiores imediatamente seguida da extensão dos mesmos, com ou sem auxílio do balanço dos membros superiores.
- Drop Jump: definido como salto de determinada altura, iniciando com membros inferiores estendidos, seguidos de leve impulsão para frente sem acréscimo de altura e decorrente queda e pouso.
- Variações de Salto Vertical: definidos como análises de salto realizadas com componentes específicos de cada esporte, como por exemplo, salto seguido de corrida, salto para bloqueios de rede e saltos para receber um passe de bola (FIGURA 1).

Figura 1 – Tipos de técnicas de bloqueio de rede analisadas no grupo de Variações de Salto Vertical



Técnica de bloqueio de rede seguido de aterrissagem com pés paralelos

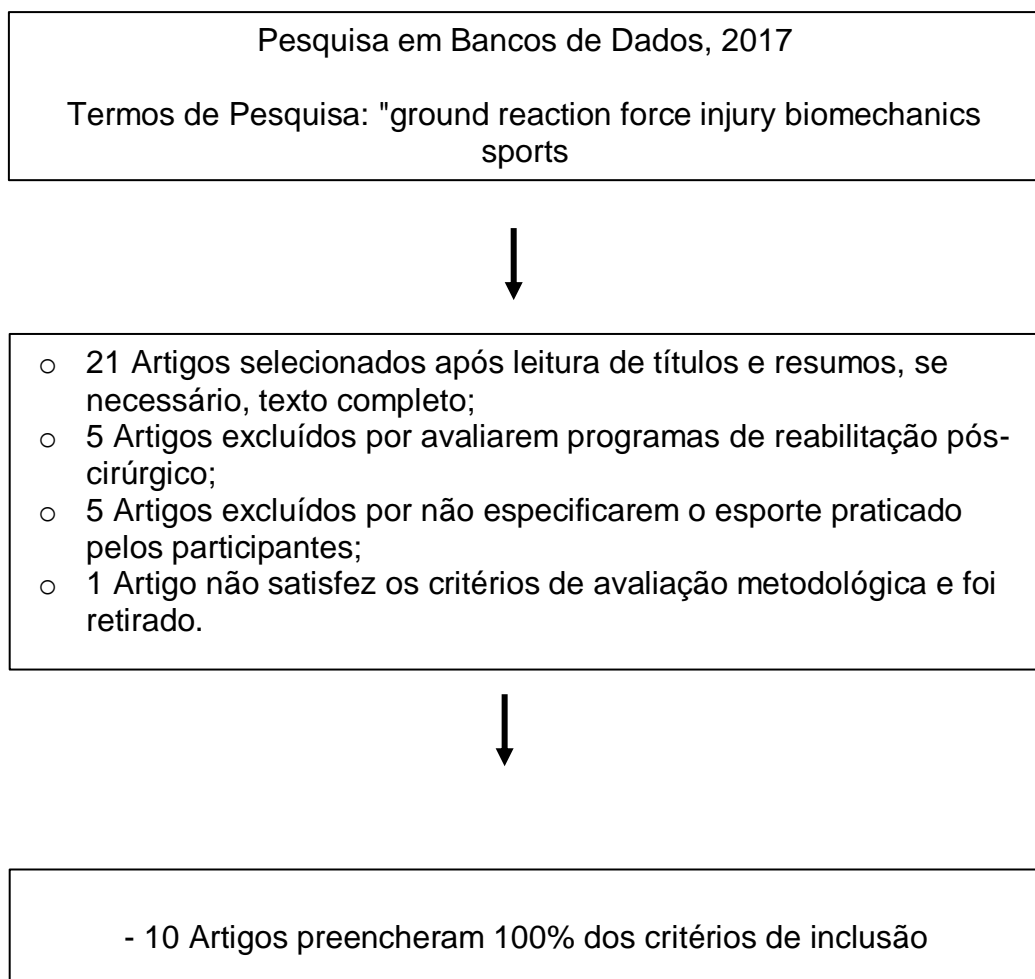


Técnica de bloqueio de rede seguido de aterrissagem com passada para trás

3 RESULTADOS

A pesquisa inicial de palavras-chave utilizou-se dos termos descritivos: "ground reaction force injury biomechanics sports" e descobriu 384 artigos relacionados. Deste montante, após uma primeira seleção com base em títulos e resumo, 21 artigos foram mantidos. Dez artigos preencheram todos os critérios de inclusão após um exame cuidadoso dos artigos. Os outros 11 artigos desviaram-se de alguns dos critérios de inclusão, na medida em que mencionaram pesquisas analisando indivíduos que haviam recentemente sido submetidos à procedimentos cirúrgicos em membros inferiores, não especificaram o esporte a qual os participantes da pesquisa pertenciam e não satisfizeram os critérios de avaliação de boa qualidade metodológica. O índice de qualidade metodológica dos estudos selecionados variou de 61% a 77% da pontuação máxima.

Fluxograma 1 – Etapas da Estratégica de Busca



3.1 Característica dos Estudos

As características dos estudos são apresentadas no quadro 1. Com base no tipo de tarefa avaliativa de salto, os estudos foram categorizados em 3 categorias: Salto Vertical com Contramovimento (SVCM), Drop Jump (DP) e Variações de Saltos Verticais (VSV).

Tabela 1 – Características dos Estudos

Autor/Título	Número	
	Amostral	Tarefa Avaliativa
(ANDRADE, et al. 2012)	♂ 19 Atletas	- SVCM
		- SVCM precedido de corrida de aproximação
(BRITTO, et al. 2015)	12	- Salto a frente unipodal com contramovimento
	Atletas:	- Salto a frente bipodal com contramovimento
	♂ 11 ♀ 1	- DP bipodal
(PEREIRA, et al. 2009)	♂ 18 Atletas	- SVCM com balanço dos braços
		- SVCM sem balanço dos braços
(VAN DER DOES, et al. 2016)	75	- Salto vertical com aterrissagem unipodal seguido de SVCM com aterrissagem unipodal
	Atletas:	- Saltos em direção diagonal, lateral e para frente com aterrissagem unipodal
	♂ 49 ♀ 26	
(BELL, et al. 2016)	40	- DP bipodal de uma caixa de 30cm de altura com aterrissagem unipodal seguido de SVCM máximo
	Atletas:	
	♂ 20 ♀ 20	
(LEPPÄNEN, et al. 2016)	♀ 171 Atletas	- DP máximo de uma plataforma de 30cm de altura com aterrissagem bipodal

(ROWLEY, et al. 2015)	13 Atletas: ♂ 2 ♀ 11	- Sequencia de DP com aumento progressivo de angulação de flexão plantar na aterrissagem (0°, 10°, 20°, 30°, 40° ou 50°)
(STUELCKEN, et al. 2013)	♀ 10 Atletas	- Aproximação em corrida, recepção de passe em salto e aterrissagem unipodal
(WEINHANDL, et al. 2015)	41 Atletas: ♂ 20 ♀ 21	- Três repetições de SVCM - Cinco repetições de DP de alturas progressivas com aterrissagem unipodal: 30 cm, 40 cm, 50 cm e altura igual a altura máxima de salto de cada atleta
(ZAHRADNIK, et al. 2015)	♂ 14 Atletas	- Duas técnicas de salto para bloqueio (salto vertical com apoio bipodal paralelo, salto vertical com apoio bipodal e passo a trás com membro inferior direito)

SVCM = salto vertical com contramovimento; DP = drop jump; ♂ = Homens; ♀ = Mulheres.

3.2 Participantes

Um total de 429 participantes foram incluídos e estão distribuídos entre os 11 artigos selecionados para análise. Do todo, 287 eram mulheres e 142 homens, todos atletas regularmente ativos. Os esportes incluídos foram: vôlei, basquete, futebol, corrida, dança, netball, floorball e korfbal. Sendo este último, dentre todos, o esporte menos difundido no Brasil, apesar de ser um esporte que muito se assemelha ao basquete por objetivar ganhar pontos ao acertar a bola em uma cesta, diferindo apenas por possuir mais restrições de contato e ser um esporte misto. A média de idade dos participantes foi de 22,3 anos, sendo que no momento da pesquisa, o mais jovem tinha 12 anos e o mais velho 30 anos.

3.3 Variáveis de Salto e Aterrissagem

O entendimento das variáveis cinéticas e cinemáticas relacionadas ao movimento de salto vertical é necessário para a compreensão da fisiopatologia das lesões e para a adequada elaboração de programas de prevenção e reabilitação. Nesta revisão, constatou-se que as variáveis cinéticas mais pesquisadas foram: duração de fases e momentos concêntricos e excêntricos de tornozelo e joelho e as variáveis cinemáticas mais frequentemente analisadas: picos de força de reação do solo e picos de potência.

3.4 Principais Lesões e Alterações Biomecânicas

Dentre os estudos analisados, as principais lesões relacionadas ao movimento de salto foram rupturas parciais e totais de ligamento cruzado anterior, entorses de tornozelo e joelho, síndrome patelofemoral e lesões por stress. No que diz respeito às alterações biomecânicas descobertas durante as análises de salto, foram mais frequentemente observados: valgo dinâmico de joelho e amplitude de dorsiflexão de tornozelo diminuída. Na Tabela 3, encontram-se os resultados obtidos de acordo com os grupos de tarefas avaliativas de salto pré-definidos.

Tabela 2 – Resultados categorizados por tipos de saltos

Tipo de Salto	Autor	Resultados
	ANDRADE, et al. (2012)	<p>- Os parâmetros biomecânicos que foram mais relevantes durante a execução no que diz respeito à altura alcançada:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Salto vertical com contramovimento: pico de força passiva, <i>load rate</i> e tempo de fase excêntrica; 2. Salto vertical com contramovimento precedido de corrida: pico de força passiva, tempo para pico de força passiva, <i>load rate</i> e pico de força de propulsão.

<p style="text-align: center;">Salto Vertical com Contramovimento</p>	<p>PEREIRA, <i>et al.</i> (2009)</p>	<p>- A utilização do balanço de braços durante a execução do salto altera positivamente sua performance pois:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ↑ duração da fase concêntrica 2. ↑ pico de potência.
	<p>VAN DER DOES, <i>et al.</i> (2016)</p>	<p>- Fatores de risco para lesões agudas de tornozelo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Instabilidade durante a aterrissagem; 2. ↑ momento de dorsiflexão de tornozelo; 3. ↓ amplitudes de movimento de dorsiflexão de tornozelo; <p>- Fatores de risco para lesões de joelho por overuse:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ↓ ângulo de flexão de joelho, tornozelo e quadril durante aterrissagem; 2. ↓ momento de flexão de joelho;
	<p>BELL, <i>et al.</i> (2016)</p>	<p>- Homens e mulheres relataram níveis semelhantes de fadiga de acordo com a escala de Borg;</p> <p>- Homens aterrissaram com maiores picos de força vertical de reação do solo;</p> <p>- Alterações biomecânicas observadas com o aumento da fadiga: joelho estendido, flexão lateral de tronco e diminuição da flexão de quadril durante a aterrissagem.</p>
	<p>BRITTO, <i>et al.</i> (2015)</p>	<p>- ↑ Pico de Força de Reação do Solo (FRS) da perna dominante em relação à não-dominante;</p> <p>- Perna dominante toca o solo primeiro que perna não-dominante durante aterrissagem;</p>

		- Fatores de risco para lesões de ligamento cruzado anterior:
	LEPPÄNEN, <i>et al.</i> (2016)	1. Aterrissagens rígidas; 2. ↓ Flexão de joelho; 3. ↑ pico de força vertical de reação do solo
	ROWLEY, <i>et al.</i> (2015)	- Quanto ↑ ângulo de flexão plantar, ↓ pico de FVRS, ↓ pico de <i>load rate</i> e ↓ pico do momento de sustentação;
Drop Jump		- Mulheres aterrissam com maior pico de força de reação do solo; - Homens e mulheres utilizaram o joelho como principal atenuante de forças durante a aterrissagem; - Mulheres utilizaram secundariamente a flexão plantar de tornozelo para absorção de energia enquanto os homens realizaram pousos mais rígidos;
	WEINHANDL, <i>et al.</i> (2015)	- Com o aumento da altura do salto: Mulheres: ↑ momento adutor de joelho Homens: ↓ momento adutor do joelho
Variações de Saltos Verticais		- Valgo dinâmico de joelho presente em mais de 60% dos atletas testados;
	STUELCKEN, <i>et al.</i> (2013)	- ↑ amplitude de movimento do joelho no plano sagital mostrou-se importante contribuinte na atenuação de forças da fase de aterrissagem;

-
- ZAHRADNIK, *et al.* (2015)
- O pico de força de reação do solo na aterrissagem com passada para trás foi 44% maior do que na aterrissagem sem passadas;
 - A aterrissagem seguida de uma passada para trás com o membro inferior direito teve maiores momentos de valgo e rotação externa de joelho e permitiu menos absorção de energia pelo joelho.
-

4 DISCUSSÃO

Até o momento de finalização da pesquisa de artigos, nenhum artigo havia tentado revisar lesões e alterações biomecânicas mais comumente associadas à força de reação do solo em atletas praticantes de esportes que envolvam repetições de saltos verticais (SV). Portanto, o objetivo desta revisão foi investigar as principais alterações biomecânicas e consequentes lesões osteomioarticulares relacionadas a práticas esportivas que sofram ação da força de reação do solo (FRS).

A observação da cinemática do movimento de salto juntamente com a análise das forças geradas durante esta ação proporciona uma visão mais aprofundada da relação entre ocorrência de lesões e suas potenciais causas. Em concordância com Aerts *et al.* (2013), uma boa técnica de salto aliada a uma correta dissipação de forças impactantes por meio da ação muscular, permitem um bom alinhamento articular e balanço postural, diminuindo a possibilidade de lesões, como por exemplo, fraturas por stress e entorses de tornozelo e joelho. Não somente fatores cinemáticos foram importantes no desempenho no SV, duração de picos de força muscular, tempo de fase excêntrica e taxa de carga também se mostraram essenciais para uma performance positiva do salto vertical.

De forma a tornar mais didático o entendimento dos resultados, os diferentes tipos de tarefas avaliativas foram categorizados em: Salto Vertical com Contramovimento (SVCM), Drop Jump (DP) e Variações de Saltos Verticais (VSV).

4.1 Salto Vertical com Contramovimento

Este grupo constituiu 4 dos 10 artigos selecionados que avaliaram variáveis durante o salto vertical com contramovimento. Neste grupo, observou-se pequena disparidade de desempenho entre homens e mulheres, haja vista que os homens aterrissaram com maiores picos de força e absorveram uma quantidade menor de forças impactantes. De acordo com Bell *et al.* (2016), durante o SVCM, os homens alcançaram alturas de salto maiores, entretanto realizaram aterrissagem mais rígidas devido a uma menor flexão de tornozelo e joelho e consequentemente apresentaram maior pico de FRS, enquanto mulheres saltaram mais baixo, mas em contrapartida aterrissaram de forma mais suave e permitiram uma dissipação de forças mais eficiente, diminuindo o pico de força do vetor vertical da reação do solo.

Tanto para homens e mulheres, a utilização do balanço de braços durante o SVCM alterou positivamente a performance durante os testes, fato corroborado por Pereira *et al.* (2009) e justificado pelo fato de aumentar o pico de potência muscular e a duração da fase concêntrica do salto, possibilitando maior geração de forças de impulsão. Fato interessante também observado neste grupo, foi a interferência da fadiga na biomecânica do salto, segundo Bell *et al.* (2016), à medida que a repetição da tarefa de salto foi levando o atleta à exaustão, modificações biomecânicas foram observadas: joelho estendido, flexão lateral de tronco e diminuição da flexão de quadril durante a aterrissagem, o que em corroboração com Van der Does (2016) e Aerts *et al.* (2013), está intimamente relacionado à ocorrência de lesões de ligamento cruzado anterior (LCA), protusões discais e diminuição da dissipação de forças de reação do solo, respectivamente.

As lesões mais frequentemente atreladas ao SVCM foram lesões agudas de tornozelo e lesões de joelho por uso excessivo. As lesões de tornozelo estiveram associadas à instabilidade postural durante aterrissagem e diminuição da amplitude de movimento de dorsiflexão do tornozelo. Já as lesões de joelho, foram observadas em atletas que apresentaram angulação de flexão de quadril, joelho e tornozelo diminuída durante o pouso. Rowley *et al.* (2015) explica este fato a partir do estudo da contribuição das articulações de membros inferiores na absorção de forças durante a aterrissagem do salto. Quanto menor for a participação da articulação do tornozelo, maior tem que ser a participação do quadril e do joelho. Na maioria dos atletas, entretanto, o controle de movimento do quadril não foi capaz de dissipar forças de forma tão eficiente e na tentativa de compensação levou a um momento de valgo dinâmico de joelho, o que coloca o joelho em uma posição de sobrecarga excessiva repetidas vezes durante a prática esportiva e eventualmente pode acarretar lesões de meniscos e LCA.

4.2 Drop Jump

No grupo de drop jumps, 4 dos 10 artigos selecionados utilizaram este tipo de salto como tarefa avaliativa para variáveis cinéticas e cinemáticas. Observou-se que neste tipo de salto existe uma assimetria entre membros inferiores durante o momento de aterrissagem, em mais de 93% das vezes a perna dominante toca o solo primeiro. Essa assimetria provoca uma geração maior de pico de força vertical

de reação do solo, expondo o membro dominante a riscos maiores de lesões. (BRITTO *et al.*, 2015, p. 665). Frente à sobrecarga imposta inicialmente em um membro só, observou-se maior associação de ocorrência de lesões na fase inicial da aterrissagem, em cerca de 30% do tempo total de pouso.

Assim como no grupo de SVCM, foi constatada uma relação significativa de menores angulações de flexão de joelho e tornozelo com aterrissagens rígidas, relação esta que se intensificou à medida que a altura do drop jump foi aumentada. Com o incremento da altura do salto, observou-se também maior tendência de valgo dinâmico de joelho e adução de quadril. Todas essas alterações biomecânicas somadas ao pouso assimétrico, potencializam o risco de lesões osteomioarticulares durante esse tipo de SV, já que em corroboração com a literatura proposta por Leppänen *et al.* (2016) e Weinhandl *et al.* (2015), menores amplitudes de movimento no momento de maior pico de FRS condicionam aterrissagens rígidas e provocam stress exacerbado em tendões e ligamentos.

Interessantemente, observou-se menor pico de força de reação do solo à medida em que os atletas foram instruídos a pousar com maiores angulações de flexão plantar, pois dessa forma a distribuição de carga entre tornozelo, joelho e quadril se deu de forma mais equiparada permitindo a dissipação adequada de forças (ROWLEY *et al.*, 2015, p. 1929). Entretanto, um número pequeno de atletas foi capaz de pousar com angulações maiores de flexão plantar, o que chama atenção para uma possível intervenção específica para aumento desta amplitude de movimento com intuito de incrementar positivamente a técnica de aterrissagem.

4.3 Variações de Salto Vertical

O grupo de variações de salto vertical foi o que apresentou menor quantidade de artigos, apenas 2 dos 10 artigos selecionados avaliaram variáveis do salto vertical usando movimento adicionais específicos do esporte. Os movimentos adicionais foram: aproximação em corrida, recepção de passe em salto e consequente aterrissagem e duas técnicas de salto para bloqueio (salto vertical com aterrissagem paralela dos pés e salto com aterrissagem paralela dos pés seguida de passo a trás com membro inferior direito). Durante as análises de salto precedidos de recepção de passe, observou-se que a maioria dos atletas utilizava flexão de joelho como principal fator atenuante de forças de impacto, entretanto mais de 60%

deles apresentaram valgo dinâmico de joelho durante o pouso (Stuelcken, M. *et al.*, 2013).

Nos testes de SV para bloqueio de rede no vôlei, o pico de FRS na aterrissagem com passada para trás foi 44% maior do que na aterrissagem sem passada, o que impôs maiores sobrecargas à perna de apoio e maiores momentos de valgo dinâmico e rotação externa de joelho, restringindo a absorção de energia durante o movimento. (ZHRADNIK *et al.*, 2015).

4.4 Limitações e Sugestões

Observou-se uma quantidade limitada de estudos acerca deste assunto e dentro desse espectro reduzido, observou-se também uma quantidade alta de artigos que não preencheram critérios básicos de qualidade metodológica e/ou analisaram uma parcela muito pequena de indivíduos, o que dificulta o emprego dos resultados achados dentro de programas de reabilitação e prevenção.

Recomenda-se a realização de mais artigos que envolvam a análise do movimento de salto e aterrissagem e que seja considerado também a interferência não somente dos membros inferiores, mas também da coluna e dos membros superiores.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que dentre os tipos de saltos avaliados, o drop jump apresenta mais alterações biomecânicas compatíveis com as situações de lesões nos atletas, mas em contrapartida, dentro da prática oficial dos esportes incluídos nesta revisão, o DP é utilizado em apenas um deles. De forma geral, os três tipos de saltos estiveram associados às seguintes alterações biomecânicas: amplitude de flexão de joelho e tornozelo abaixo do esperado, valgo dinâmico de joelho e técnicas de aterrissagem inapropriadas. Essas alterações estiveram associadas a várias lesões recorrentes na prática esportiva e dentre elas as mais frequentes foram entorses de tornozelo e joelho, lesões de ligamento cruzado anterior e fraturas ósseas.

Existe uma carência de estudos que correlacionem especificamente o salto vertical realizado em cada esporte para que os resultados encontrados sejam mais reprodutíveis no cotidiano do atleta.

REFERÊNCIAS

AERTS I. *et al.* A systematic review of different jump-landing variables in relation to injuries. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. Brussels, Belgium, v. 53, n. 5, p. 509-519, Outubro, 2013.

BATES *et al.* Impact differences in ground reaction force and center of mass between the first and second landing phases of a drop vertical jump and their implications for injury risk assessment. **Journal of Biomechanics**. Columbus, United States, v. 46, n. 7, p. 1237-1241, Março, 2013.

BELL D. R. *et al.* The effect of exertion and sex on vertical ground reaction force variables and landing mechanics. **The Journal of Strength & Conditioning Research**. Wisconsin, United States, v. 30, n.6, p. 1661-1669, Junho, 2016.

BRITTO, M. *et al.* Kinetic asymmetries between forward and drop jump landing tasks. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. Florianópolis, Brasil, v. 17, n. 6, p. 661-671, Dezembro, 2015.

BROWN C. *et al.* Movement variability during single leg jump landings in individuals with and without chronic ankle instability. **Clinical Biomechanics**. Georgia, United States, v. 27, n. 1, p. 52-63, Agosto, 2011.

DAI B. *et al.* Using ground reaction force to predict knee kinetic asymmetry following anterior cruciate ligament reconstruction. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. Wyoming, United States, v. 24, n. 6, p. 974-981, Dezembro, 2014.

DE OLIVEIRA SILVA D. *et al.* Vertical Ground Reaction Forces are Associated with Pain and Self-Reported Functional Status in Recreational Athletes with Patellofemoral Pain. **Journal of Applied Biomechanics**. Presidente Prudente, Brasil, v. 31, n. 6, p. 409-414, Dezembro, 2015.

DOHERTY C. *et al.* The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. **International Journal of Sports Medicine**. Dublin, v. 44, n. 1, p. 123-140, Janeiro, 2014.

FREDERICSON, M. *et al.* Stress fractures in athletes. **Topics in Magnetic Resonance Imaging**. Stanford, United States, v. 7, n. 5, p. 309-325, Outubro, 2006.

LEPPÄNEN, M. *et al.* Stiff landings are associated with increased acl injury risk in young female basketball and floorball players. **The American Journal of Sports Medicine**. Tampere, Finland, v. 45, n. 2, p. 386-393, Outubro, 2016.

MCKAY G.D. *et al.* Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. **British Journal of Sports Medicine**. Melbourne, Australia, v. 35, n. 2 p. 103-108, Abril de 2001.

MYER, G. D. *et al.* Clinical Correlates to Laboratory Measures for Use in Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Prediction Algorithm. **Clinical biomechanics**. Cincinnati, United States. v. 25, n. 7, p. 693–699, Agosto, 2010.

NIU W. *et al.* Dynamic postural stability for double-leg drop landing. **Journal of Sports Sciences**. Beijing, China, v. 31, n. 10, p. 1074-1081, Janeiro, 2013.

PEREIRA, G. *et al.* Kinematic and kinetic characteristics of vertical jump: comparison between soccer and basketball players. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. Rio Claro, Brasil, v. 11, n. 4, p. 392-297, Maio, 2009.

ROWLEY M. *et al.* Increasing plantarflexion angle during landing reduces vertical ground reaction forces, loading rates and the hip's contribution to support moment within participants. **Journal of Sports Science**. Newark, United States, v. 33, n. 18, p. 1922-1931, Março, 2015.

STUELCKEN, M. *et al.* Knee loading patterns in a simulated netball landing task. **European Journal of Sport Science**. Maroochydore, Australia, v. 13, n. 5, p. 475-482, Dezembro, 2012.

VAN DER DOES, H.T. *et al.* Jump Landing Characteristics Predict Lower Extremity Injuries in Indoor Team Sports. **International Journal of Sports Medicine**. Groningen, Netherlands, v. 37, n. 3, p. 251-6, Março, 2016.

WANG H.K. *et al.* Risk-factor analysis of high school basketball-player ankle injuries: a prospective controlled cohort study evaluating postural sway, ankle strength, and flexibility. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. Taipei, Taiwan, v. 87, n. 6, p. 821-825, Junho, 2006.

WEINHANDL, J. *et al.* Sex differences in unilateral landing mechanics from absolute and relative heights. **The Knee**. Norfolk, United States, v. 22, n. 4, p. 298-303, Abril, 2015.

ZADAPOOR, A. *et al.* The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: A systematic review. **Clinical Biomechanics**. Mekelweg, Netherlands, v. 26, n. 1, p. 23-28, Agosto, 2011.

ZAHRADNIK, D. *et al.* Lower extremity mechanics during landing after a volleyball block as a risk factor for anterior cruciate ligament injury. **Physical Therapy in Sport**. Ostrava, Czech Republic, v. 16, n. 1, p. 53-8, Abril, 2014.

ANEXO 1

REPORTING

1. A hipótese/objetivo do estudo esta claramente descrita?

Sim 1

Não 0

2. Os desfechos a serem medidos estão claramente descritos na introdução ou na seção de métodos?

Sim 1

Não 0

3. As características dos pacientes incluídos no estudo estão claramente descritas?

Sim 1

Não 0

4. As intervenções de interesse estão claramente descritas?

Sim 1

Não 0

5. A distribuição dos principais fatores de confusão em cada grupo de indivíduos a serem comparados esta claramente descrita?

Parcialmente 1

Não 0

6. Os principais achados do estudo são claramente descritos?

Sim 1

Não 0

7. O estudo proporciona estimativas da variabilidade aleatória dos dados dos principais achados?

Sim 1

Não 0

8. Todos os principais efeitos adversos que podem ser uma consequência da intervenção foram relatados?

Sim 1

Não 0

9. As características dos participantes perdidos foram descritas?

Sim 1

Não 0

10. Os intervalos de confiança de 95% e/ou valores de p foram relatados para os principais desfechos, exceto quando o valor p foi menor que 0,001?

Sim 1

Não 0

VALIDADE EXTERNA

11. Os sujeitos chamados para participar do estudo foram representativos de toda a população de onde foram recrutados?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

12. Os sujeitos que foram preparados para participar foram representativos da população inteira de onde foram recrutados?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

13. A equipe, os lugares e as instalações onde os pacientes foram tratados, eram representativos do tratamento que a maioria dos pacientes recebe?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

VALIDADE INTERNA: VIES

14. Houve tentativa de que os participantes fossem cegados em relação ao tipo de intervenção que receberam?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

15. Houve tentativa de cegar os mensuradores dos desfechos a respeito da intervenção?

Sim 1 Não 0 Incapaz de determinar 0

16. Se algum dos resultados do estudo foi baseado em “dragagem de dados”, isto foi feito com clareza?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

17. Em ensaios e estudos de coorte, as análises se ajustam para diferentes tempos de acompanhamento, ou nos estudos de caso-controle, o tempo que transcorre entre a intervenção e o desfecho é o mesmo para casos e controles?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

18. Os testes estatísticos utilizados para avaliar os principais desfechos foram apropriados?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

19. A adesão das intervenções foi confiável?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

20. As medidas dos principais desfechos foram acuradas (validas e confiáveis)?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

VALIDADE INTERNA – CONFUNDIMENTO (VIÉS DE SELEÇÃO)

21. Os pacientes em diferentes grupos de intervenção (ensaios e estudos de coorte) ou em casos-controle foram recrutados da mesma população?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

22. Os pacientes em diferentes grupos de intervenção (ensaios e estudos de coorte) ou em casos-controle foram recrutados no mesmo período de tempo?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

23. Os sujeitos do estudo foram randomizados para os grupos de intervenção?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

24. A intervenção randomizada foi oculta para os pacientes e para a equipe até que o recrutamento estivesse completo e irrevogável?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

25. Houve um ajuste adequado dos fatores de confusão nas análises a partir das quais os principais achados foram tirados?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

26. As perdas dos pacientes no andamento foram levadas em conta?

Sim 1

Não 0

Incapaz de determinar 0

27. O estudo tem poder suficiente para detectar um efeito clinicamente importante quando o valor de p ("probability value") para uma diferença que é devida ao acaso é inferior a 5%?

A <n1 0

B n1–n2 1

C n3–n4 2

D n5–n6 3

E n7–n8 4

F n8+ 5