

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CURSO DE FISIOTERAPIA

ANDRESSA LEMES LEMOS

**EFEITO DO CALÇADO SOBRE O IMPACTO EM TAREFAS DE SALTO E
ATERRISSAGEM**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

URUGUAIANA

2017

ANDRESSA LEMES LEMOS

**EFEITO DO CALÇADO SOBRE O IMPACTO EM TAREFAS DE SALTO E
ATERRISSAGEM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de
Fisioterapia da Universidade Federal do Pampa, como
requisito para obtenção do título de bacharel em
Fisioterapia.

Orientador: Dr. Felipe Pivetta Carpes

Coorientadora: MSc. Morgana Alves de Britto.

URUGUAIANA

2017

**EFEITO DO CALÇADO SOBRE O IMPACTO EM TAREFAS DE SALTO E
ATERRISSAGEM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Fisioterapia da Universidade
Federal do Pampa, como requisito para
obtenção do título de bacharel em Fisioterapia.

Área de concentração: Fisioterapia

Trabalho de conclusão de curso defendido em: 01/12/2017.

Banca examinadora:

Prof. Dr Felipe Pivetta Carpes

Orientador

Curso de Fisioterapia

UNIPAMPA

Prof. Ms. Karine Josibel Velasques Stoelben

Curso de Fisioterapia

Unipampa

Ms. Renato Ribeiro Azevedo

Educação Física

Unipampa

Artigo original

**EFEITO DO CALÇADO SOBRE O IMPACTO EM TAREFAS DE SALTO E
ATERRISSAGEM**

**EFFECTS OF SHOE ON IMPACT FORCES DURING JUMP-LANDING
PERFORMANCE**

Andressa L Lemos, Christielen S dos Santos, Bruno M Maroneze,
Morgana A de Britto¹, Felipe P Carpes*

Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada, Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana,
RS, Brasil

Andressa Lemes Lemos

Felipe P Carpes, Ph.D

Fone: +55 55 3911 0225; e-mail: carpes@unipampa.edu.br

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que, de certa forma, estiveram ao meu lado durante toda a vida acadêmica. Cada professor deixou um exemplo e, alguns, tornaram-se amigos próximos, levarei de cada um o exemplo de ser humano e profissional, o meu mais sincero muito obrigada.

Pontualmente gostaria de agradecer ao meu Prof. Orientador Dr. Felipe Carpes por ter permitido que eu fizesse parte do Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada, obrigada por me orientar a trabalhar para ter opções e não aceitar o que me é imposto.

Agradeço também à minha co-orientadora Morgana Britto que tanto me ajudou desde o início do meu projeto e segue ajudando até hoje. Obrigada Chris e Bruno, obrigada equipe Saltos.

Aos familiares e amigos que sempre torceram por mim e me apoiaram, obrigada. Em especial a minha avó, a quem dedico esse trabalho.

Aos meus colegas de faculdade, obrigada pela parceria de estudo, de mate, de desabafos, merecemos comemorar essa vitória. Às minhas meninas, meu trio, muito obrigada pra sempre.

Obrigada UNIPAMPA por cada oportunidade, cada obstáculo, cada tropeço, são eles que me fortalecem para ser uma profissional de excelência, esse é apenas um primeiro passo.

RESUMO

As forças de impacto são consideradas um fator de risco para lesões durante as tarefas de salto e aterrissagem. Calçados com sistemas de amortecedores são possíveis redutores das forças de impacto com potencial uso em sessões de treinamento e também em programas de reabilitação. Um exemplo desse tipo de calçado é o Kangoo Jumps (KJ). No entanto, os KJ não foram testados quanto à capacidade de dissipar as forças de impacto. Aqui, a tarefa do salto vertical foi usada para determinar a capacidade do KJ atenuar forças de impacto durante uma tarefa de aterrissagem. Foram avaliadas 15 mulheres fisicamente ativas (média de idade de 23 anos, altura 1,64 m e massa corporal de 63 kg) e não treinadas para tarefas de salto e aterrissagem. O pico de impacto da força de reação do solo vertical, o tempo para o pico e as assimetrias foram determinadas durante a aterrissagem de um salto vertical usando um sapato rebote comercial (Kangoo Jumps, KJ) e um sapato de controle (tênis de uso habitual). Testes t pareados compararam as condições do sapato e da perna direita contra a perna esquerda. O KJ reduziu a força vertical de impacto da reação do solo com ligeira assimetria entre as pernas e mostrou maior tempo para pico nas duas pernas. O KJ testado pode ser útil para reduzir o impacto durante a aterrissagem de um salto vertical, com aplicações potenciais para treinamento e inserção em programas de reabilitação que requerem menor impacto na extremidade inferior.

Palavras-chave: Cinética; Membros inferiores; Força de reação no solo; Treinamento; Calçados; Assimetria.

ABSTRACT

Impact forces are considered a risk factor for injuries during jump-landing tasks. Rebound shoes are advocated to reduce impact forces with potential use in training sessions and also in rehabilitation programs. However, most of commercial rebound shoes have not been tested regarding the ability to dissipate impact forces. Here we set out to determine the capacity of a rebound shoe in attenuating impact during a jump-landing task. Fifteen physically active women (average age 23 years, height 1.64 m and body mass 63 kg) and not trained for jump-landing tasks. Vertical ground reaction force impact peak, time to peak, and asymmetries were determined during vertical jump-landings wearing a commercial rebound shoe and a control running shoe. Paired t-tests compared the shoe conditions and right vs. left leg. The rebound shoe reduced the vertical ground reaction impact force with slight asymmetry between the legs. The rebound shoe showed a longer time to peak in both the legs. The rebound shoe tested can be useful to reduce impact during vertical jump-landings, with potential applications for training and insertion in rehabilitation programs requiring lower impact to the lower extremity.

Keywords: kinetic; lower limbs; ground reaction force; training; footwear; asymmetry.

INTRODUÇÃO

Estudos anteriores utilizaram as forças de impacto para investigar fatores de risco para lesão do ligamento cruzado anterior do joelho (Ali, Robertson, & Rouhi, 2014; Podraza & White, 2010), lesões articulares do joelho (Morelli & Braxton, 2013), bem como para determinar a influência de técnica (Bates, Ford, Myer e Hewett, 2013a), sapatos e superfícies de contato (Hagins, Pappas, Kremenic, Orishimo e Rundle, 2007) no desempenho do salto. Em geral, esses estudos apoiam a ideia de que as forças experimentadas em um curto espaço de tempo até o pico na fase de aterrissagem podem aumentar a demanda mecânica na extremidade inferior (Bates, Ford, Myer e Hewett, 2013b), o que aumenta o risco de uma lesão aguda (Boden, Sheehan, Torg, & Hewett, 2010) ou lesão por uso excessivo (Paterno, Taylor-Haas, Myer e Hewett, 2013; Wilder & Sethi, 2004).

As tarefas de aterrissagem de salto vertical são parte da rotina de treinamento em muitas modalidades esportivas e também são usadas em programas de treinamento preventivo de lesões (Padua et al., 2014) e na fase final de programas de reabilitação de lesões ligamentares (Salem, Salinas, Harding, 2003; Shelbourne & Gray, 1997). Portanto, embora as forças de impacto durante a aterrissagem representem um importante fator de risco para lesões dos membros inferiores (Baltich, Maurer e Nigg, 2015), elas são inerentes ao desempenho esportivo e reabilitação de lesões. Nessas situações, o calçado usado na aterrissagem já demonstrou aumentar a amplitude de movimento, potência articular e o trabalho em comparação com a aterrissagem descalço, mostrando que o tipo de sapato é importante durante as tarefas de aterrissagem e salto de diferentes alturas (Yeow, Lee e Goh, 2011).

As altas forças de impacto também são discutidas como um fator de risco para lesão quando associadas com assimetrias entre os membros inferiores. Estudos anteriores mostraram que as mulheres são mais propensas a demonstrar assimetrias na cinética de salto e, as assimetrias, são mais comuns em técnicas de salto que provocam maiores forças de impacto (Hewett et al., 2005). Um desempenho simétrico entre as pernas também é buscado em programas de reabilitação ou treinamento complementar em atletas de esportes envolvendo tarefas de salto e aterrissagem (Giangarra & Manske, 2017).

Para minimizar os riscos relacionados às forças de impacto, são propostos diferentes projetos de sapatos. Uma bota comercial disponível ganhou popularidade entre os corredores e participantes das aulas de ginástica em diferentes países. O Kangoo Jumps® (KJ) foi projetado para dissipar as forças de impacto usando um sistema de mola (Miller, Taunton, Fraser, Rhodes e Zumbo, 2003; Vance & Mercer, 2002). No entanto, este modelo popular de sapato de rebote não foi investigado em relação às forças de impacto. Em um estudo recente (Rossato et al., 2017), o Kangoo Jumps® foi capaz de alterar a cinemática das extremidades inferiores e a ativação muscular sugerindo mudanças na forma como a força é absorvida e transmitida durante a fase de pouso dos saltos. Quando comparado com a condição descalça durante a caminhada, o Kangoo Jumps® aumentou a primeira força de pico (Pereira, Avila e Palhano, 2015). Além disso, o uso de botas em comparação com sapatos de corrida regular não mostrou nenhum efeito significativo na economia de movimento ou custo fisiológico durante a corrida, mas resultou em uma menor frequência de passo, demonstrando que esses sapatos podem gerar menor impacto (Mercer, Branks, Wasserman e Ross, 2003). No entanto, as forças de impacto ao usar o KJ durante as tarefas de aterrissagem de salto não foram determinadas. Aqui, determinamos o impacto durante o salto e aterrissagem realizado por mulheres usando ou não um modelo de Kangoo Jumps® que se propõe a absorver as forças de impacto.

MATERIAL E MÉTODOS

Participantes e Desenho experimental

Quinze mulheres participaram deste estudo, que foi aprovado pelo comitê de ética local (número IRB 11874013.6.0000.5323). As participantes foram informadas dos benefícios e riscos da investigação antes de assinar o termo de consentimento para participar do estudo. As participantes tinham média (desvio padrão) de idade 23 (2) anos, estatura 1,64 (0,01) m e massa corporal 63 (6) Kg. Os critérios de inclusão eram ter idade entre 18 e 35 anos de idade, não ter sofrido lesão dos membros inferiores nos últimos seis meses, não estar envolvida regularmente com treinamento físico e não receber treinamento especializado em técnicas de salto e

desembarque ou uso de sapato rebote. Os dados cinéticos foram registrados durante o desempenho de aterrissagem de salto vertical usando um sapato de rebote comercial, Kangoo Jumps®, e um sapato de controle (tênis de corrida habitual). Os estados nutricional e de hidratação não foram controlados, mas as participantes foram instruídas a evitar o exercício intenso 24 h antes do teste, bem como manter sua rotina diária.

As participantes realizaram alguns saltos para se familiarizar com a tarefa (de 3 a 5 repetições) e a análise de dados considerou três ensaios válidos para cada condição de calçado. A primeira condição de sapato a ser testada foi alternada entre os participantes. O sapato de recuperação usado neste estudo foi um modelo da bota comercial Kangoo Jumps® (Figura 1). Os sapatos de controle eram tênis de corrida, comuns entre todos os participantes. Os sapatos tinham cor e comprimento semelhantes; Eles estavam ajustados para as participantes de acordo com o tamanho que elas usavam em seus sapatos regulares.



Figura 1: Sapato com molas usado na pesquisa.

Coleta e análise de dados

Os componentes 3D das forças de reação do solo (FRS) foram medidos usando duas plataformas de força (OR6-2000 AMTI Inc., Watertown, MA) embutidas no piso do laboratório e calibradas de acordo com as recomendações do fabricante. A FRS foi amostrada a 1200 Hz usando o Software Nexus (versão 1.8.5, Vicon Motion Systems, Oxford, Reino Unido). Os dados foram processados em rotinas criadas em ambiente Matlab (MATLAB 7.0, Mathworks Inc.,

Novi, MI, EUA). O contato do solo (início da aterrissagem) foi determinado pelo aumento na FRS acima de 7 N enquanto os sinais foram gravados continuamente. O impacto foi analisado considerando o valor máximo da FRS vertical e o tempo até o pico, determinado pelo tempo entre o contato inicial e o pico do FRS vertical. A força de impacto e o tempo até o pico foram determinados de forma independente para cada perna. A magnitude da força de reação do solo foi normalizada pela massa corporal de cada participante.

Análise estatística

A normalidade da distribuição de dados foi verificada usando o teste de Shapiro-Wilk. As condições do calçado rebote e controle foram comparadas quanto ao pico de FRS e o tempo até o pico de FRS vertical usando teste t pareado. Dentro de cada condição do sapato, as pernas foram comparadas pelo teste t pareado. Todas as análises consideraram um nível de significância de 0,05 usando um pacote estatístico comercial.

RESULTADOS

Diferenças foram encontradas no impacto durante a fase de aterrissagem entre as condições de sapato rebote e controle. O pico de impacto (Figura 2, superior) foi menor usando o KJ em comparação com os sapatos controle, conforme representado pela magnitude da força de reação do solo vertical na direita [$t_{(14)} = 6,250$; $P < 0,01$] e perna esquerda [$t_{(14)} = 5,701$; $P < 0,01$]. A redução do pico de impacto foi de 20%, em média. O tempo para o pico (Figura 2, inferior) ocorreu mais tarde na condição KJ quando medido na perna direita [$t_{(14)} = 3,146$; $P = 0,007$], mas nenhuma diferença entre o KJ e controle foi encontrada na perna esquerda [$t_{(14)} = 1,780$; $P = 0,09$].

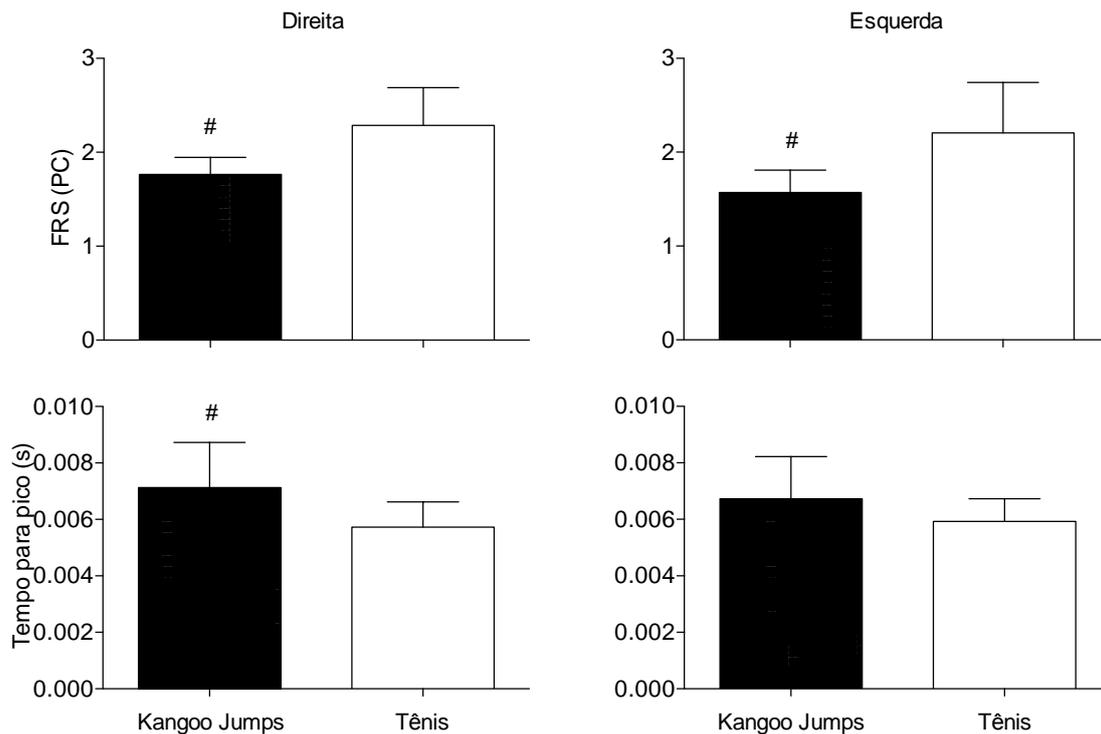


Figura 2. Dados de pico de força e tempo para pico nas diferentes condições de calçado e para a perna direita e esquerda. FRS: força de reação do solo; PC: peso corporal.

Em relação às assimetrias no pico de impacto e tempo de pico (Figura 3), descobrimos que o pico de impacto diferiu entre a perna direita e a perna esquerda na condição KJ [$t_{(14)} = 4,97$; $P = 0,0002$]. Na condição de sapato de controle, o pico de impacto não diferiu entre as pernas [$t_{(14)} = 0,78$; $P = 0,446$]. O tempo até o pico não diferiu entre as pernas tanto na condição KJ [$t_{(14)} = 0,188$; $P = 0,188$] quanto na condição controle [$t_{(14)} = 0,823$; $P = 0,424$].

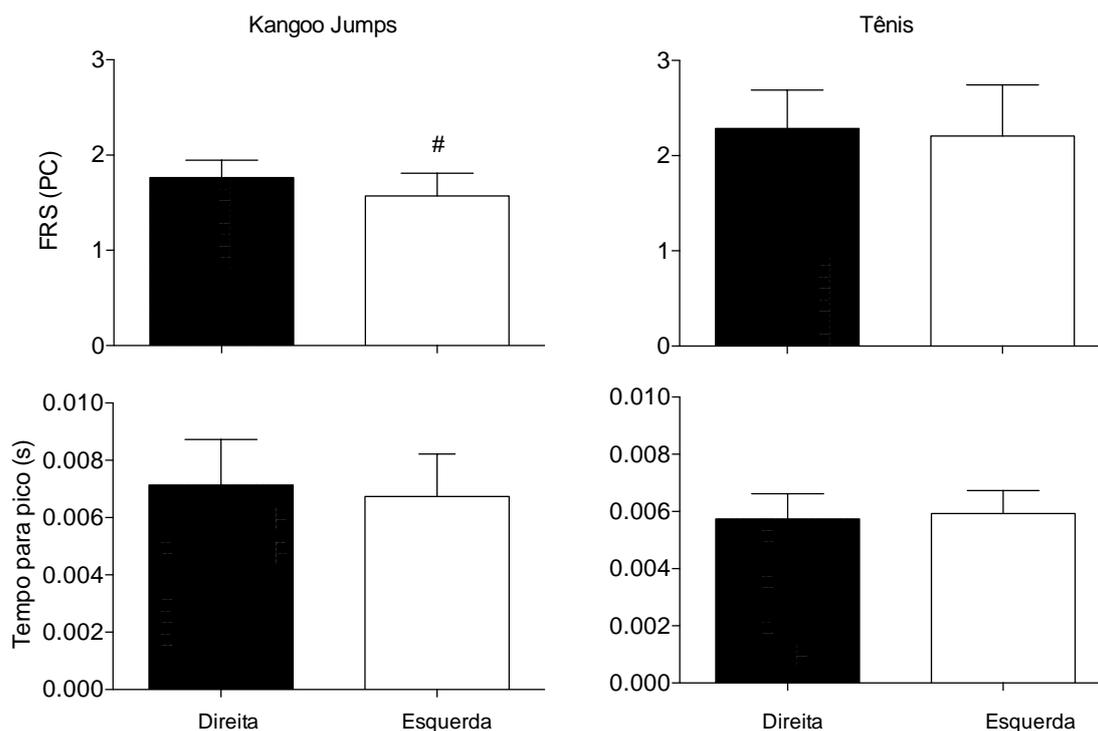


Figura 3. Dados de pico de força e tempo para pico na comparação entre a perna direita e esquerda.

FRS: força de reação do solo; PC: peso corporal.

DISCUSSÃO

Aqui, determinamos os efeitos de usar um sapato rebote, Kangoo Jumps, em forças de impacto durante o desempenho de aterrissagem dos saltos verticais. Nossos principais resultados mostram que o sapato de rebote comercialmente disponível, Kangoo Jumps®, reduz as forças de pico de impacto e provoca um tempo maior para a força de pico na aterrissagem de saltos verticais. Embora seja observada uma assimetria no pico de impacto ao usar o KJ, ela foi acompanhada por um tempo mais longo para o pico e as menores magnitudes de força, portanto, não implicando necessariamente um risco, como descrito em estudos anteriores que associaram as assimetrias como fator de risco para lesão. Dessa forma, o sapato de rebote parece ser uma boa estratégia para minimizar fatores de risco para importantes lesões da extremidade inferior.

A força de reação do solo vertical máxima na condição do sapato de rebote foi em média 20% menor do que a observada na condição do sapato de controle. Reduzir a componente vertical da força de reação do solo pode reduzir forças articulares no joelho, uma vez que a assimetria FRS vertical estima os momentos do joelho (Dai, Butler, Garrett e Queen, 2014). Portanto, poderíamos argumentar que a redução das forças de reação do solo usando o sapato de rebote também pode contribuir para reduzir a sobrecarga no joelho. A redução da força de reação do solo vertical pode estar relacionada à maior amplitude de movimento do quadril e à flexão do joelho durante o salto de pouso, como mostrado em um estudo recente que usou o mesmo tipo de calçado de rebote (Rossato et al., 2017).

O tempo para o pico foi maior na condição KJ. Este resultado é altamente dependente da característica do sapato de recuperação. A mola montada na palmilha do sapato facilita a absorção e transferência de energia elástica (Miller et al., 2003), resultando em maior tempo para a aplicação da força. Embora fosse uma tarefa diferente, em estudo da marcha com Kangoo Jumps® o tempo até a força máxima foi maior em comparação com a condição descalça (Pereira et al., 2015). Em um estudo que testou tarefas de aterrissagem de salto em um mini-trampolim, os participantes tiveram uma posição menos agachada (Crowther et al, 2007). Uma posição mais vertical poderia influenciar a dissipação das forças de impacto, embora não analisemos a cinemática, os sapatos de rebote provavelmente também funcionam como uma superfície compatível.

Finalmente, observamos que a condição do sapato de rebote provocou uma assimetria na força de pico vertical. Embora as assimetrias na força de reação do solo sejam um fator de preocupação quanto ao risco de lesão, especialmente na articulação do joelho, o tempo mais longo até a força máxima provavelmente reduziu o impacto na articulação e, portanto, essa assimetria pode não representar um risco, já que a magnitude de força foi menor. Nosso estudo teve algumas limitações. Não podemos garantir que nossos resultados sejam replicados entre os participantes treinados para o uso do sapato de recuperação testado. Seria interessante acompanhar os usuários desses sapatos para determinar se essas adaptações são mantidas.

CONCLUSÃO

O Kangoo Jumps®, sapato de rebote testado, provocou menor impacto durante a aterrissagem de saltos verticais, o que sugere poder ser uma estratégia útil para reduzir o impacto durante o exercício e / ou programas de reabilitação

REFERÊNCIAS

- Ali, N., Robertson, D. G., & Rouhi, G. (2014). Sagittal plane body kinematics and kinetics during single-leg landing from increasing vertical heights and horizontal distances: implications for risk of non-contact ACL injury. *The Knee*, 21(1), 38-46. doi: 10.1016/j.knee.2012.12.003
- Baltich, J., Maurer, C., & Nigg, B. M. (2015). Increased vertical impact forces and altered running mechanics with softer midsole shoes. *PLoS One*, 10(4), e0125196. doi: 10.1371/journal.pone.0125196
- Bates, N. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2013a). Kinetic and kinematic differences between first and second landings of a drop vertical jump task: implications for injury risk assessments. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 28(4), 459-466. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2013.02.013
- Bates, N. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2013b). Timing differences in the generation of ground reaction forces between the initial and secondary landing phases of the drop vertical jump. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 28(7), 796-799. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2013.07.004
- Boden, B. P., Sheehan, F. T., Torg, J. S., & Hewett, T. E. (2010). Non-contact ACL injuries Mechanisms and risk factors. *J Am Acad Orthop Surg*, 18(9), 520-527

- Crowther, R. G., Spinks, W. L., Leicht, A. S., & Spinks, C. D. (2007). Kinematic responses to plyometric exercises conducted on compliant and noncompliant surfaces. *J Strength Cond Res*, 21(2), 460-465. doi: 10.1519/R-19645.1
- Dai, B., Butler, R. J., Garrett, W. E., & Queen, R. M. (2014). Using ground reaction force to predict knee kinetic asymmetry following anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med Sci Sports*, 24(6), 974-981. doi: 10.1111/sms.12118
- Giangarra, C. E., & Manske, R. C. (2017). *Clinical Orthopaedic Rehabilitation: A Team Approach* (4th ed.): Elsevier.
- Hagins, M., Pappas, E., Kremenic, I., Orishimo, K. F., & Rundle, A. (2007). The effect of an inclined landing surface on biomechanical variables during a jumping task. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 22(9), 1030-1036. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2007.07.012
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Jr., Colosimo, A. J., McLean, S. G., . . . Succop, P. (2005). 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*, 33(4), 492-501. doi: 10.1177/0363546504269591
- Mercer, J. A., Branks, D. A., Wasserman, S. K., & Ross, C. M. (2003). Physiological cost of running while wearing spring-boots. *J Strength Cond Res*, 17(2), 314-318
- Miller, N., Taunton, J., Fraser, S., Rhodes, E., & Zumbo, B. (2003). Kangoo Jumps: An innovative training device. *British Columbia Medical Journal*, 45(BCMJ), 444-448
- Morelli, V., & Braxton, T. M., Jr. (2013). Meniscal, plica, patellar, and patellofemoral injuries of the knee: updates, controversies and advancements. *Prim Care*, 40(2), 357-382. doi: 10.1016/j.pop.2013.02.014
- Padua, D. A., Frank, B., Donaldson, A., de la Motte, S., Cameron, K. L., Beutler, A. I., . . . Marshall, S. W. (2014). Seven steps for developing and implementing a preventive training program: lessons learned from JUMP-ACL and beyond. *Clin Sports Med*, 33(4), 615-632. doi: 10.1016/j.csm.2014.06.012

- Paterno, M. V., Taylor-Haas, J. A., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2013). Prevention of overuse sports injuries in the young athlete. *Orthop Clin North Am*, 44(4), 553-564. doi: 10.1016/j.ocl.2013.06.009
- Pereira, G., Avila, A. O. V., & Palhano, R. (2015). Vertical ground reaction force analysis during gait with unstable shoes. *Fisioterapia em Movimento*, 28(3), 459-466. doi: 10.1590/0103-5150.028.003.ao04
- Podraza, J. T., & White, S. C. (2010). Effect of knee flexion angle on ground reaction forces, knee moments and muscle co-contraction during an impact-like deceleration landing: implications for the non-contact mechanism of ACL injury. *Knee*, 17(4), 291-295. doi: 10.1016/j.knee.2010.02.013
- Rossato, M., Dellagrana, R. A., dos Santos, J. C. L., Carpes, F. P., Geller, R. G., da Silva, A. C. S., . . . dos Santos, J. O. L. (2017). Rebound boots change lower limb muscle activation and kinematics during different fitness exercises. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, In Press, Corrected Proof*. doi: 10.1016/j.jbmt.2017.03.002
- Rossato, M., Dellagrana, R. A., dos Santos, J. C. L., Carpes, F. P., Gheller, R. G., da Silva, D. A. d. C. S., . . . dos Santos, J. O. L. (2017). Rebound boots change lower limb muscle activation and kinematics during different fitness exercises. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. doi: 10.1016/j.jbmt.2017.03.002
- Salem, G. J., Salinas, R., & Harding, F. V. (2003). Bilateral kinematic and kinetic analysis of the squat exercise after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(8), 1211-1216
- Shelbourne, K. D., & Gray, T. (1997). Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft followed by accelerated rehabilitation. A two- to nine-year followup. *Am J Sports Med*, 25(6), 786-795
- Vance, J., & Mercer, J. A. (2002). Stride-length, leg and head acceleration during spring boot running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34(5), s28

Wilder, R. P., & Sethi, S. (2004). Overuse injuries: tendinopathies, stress fractures, compartment syndrome, and shin splints. *Clin Sports Med*, 23(1), 55-81. doi: 10.1016/s0278-5919(03)00085-1

Yeow, C. H., Lee, P. V., & Goh, J. C. (2011). Shod landing provides enhanced energy dissipation at the knee joint relative to barefoot landing from different heights. *Knee*, 18(6), 407-411. doi: 10.1016/j.knee.2010.07.011