

COMPARAÇÃO ENTRE O *VERTICAL DROP JUMP* E O *SIDESTEP CUTTING*: ANÁLISE CINEMÁTICA DAS ROTAÇÕES DO JOELHO

F. P. Mariano*, B. L. S. Bedo*, V. L. de Andrade*, L. H. P. Vieira**, G. M. Cesar*** e P. R. P. Santiago**

*Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil

** Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil

***Division of Biokinesiology and Physical Therapy, University of Southern California, Los Angeles, USA

e-mail: fapamplona@yahoo.com.br

Resumo: A lesão do Ligamento Cruzado Anterior é uma das principais ocorrências nos esportes, assim é fundamental compreender os fatores de risco para possíveis intervenções preventivas. O objetivo deste estudo foi comparar as rotações da articulação do joelho no *vertical drop jump* (VDJ) e no *sidestep cutting* (SC). Participaram do estudo dez jovens saudáveis de 18 a 30 anos de idade, que realizaram três tentativas do VDJ e do SC. Os dados cinemáticos foram obtidos por meio do sistema VICON para o cálculo dos ângulos de Euler para as rotações do joelho. O Coeficiente de Correlação de Spearman entre o VDJ e SC para a máxima angulação de valgo ($\rho=0,528$) apresentou evidências de correlação moderada. A correlação foi fraca na máxima flexão ($\rho=0,178$) e na máxima rotação externa ($\rho=0,153$). As análises cinemáticas de rotações da articulação do joelho demonstram que o SC apresenta características diferentes do VDJ.

Palavras-chave: Biomecânica, Testes funcionais, Ligamento Cruzado Anterior.

Abstract: Anterior Cruciate Ligament injury has a high occurrence in sports. It is important to investigate the injury risk factors inform future preventive interventions. The aim of this study was to compare knee rotations during Vertical Drop Jump (VDJ) and Sidestep Cutting (SC) in young adults. Participated in this study, ten healthy young adults 18-30 years of age who underwent three and, performed the VDJ and SC tests 3 times. Kinematic data were obtained with VICON system and knee rotational with Euler angles. The Spearman Correlation Coefficient for maximum knee valgus angle, showed moderate correlation ($\rho=0.528$). Low correlations were observed for maximum knee flexion angles ($\rho=0.178$) and maximum external rotation angles ($\rho=0.153$). The kinematic analysis of knee rotations showed different characteristics between SC and VDJ tests.

Keywords: Biomechanics, Functional Tests, Anterior

Cruciate Ligament.

Introdução

As lesões no joelho são uma das principais ocorrências nos esportes que exigem mudanças de direção rápida ou desacelerações repentinas, e estão normalmente relacionadas a entorses de joelho que afetam o Ligamento Cruzado Anterior (LCA) [1]. As lesões de LCA sem contato direto ocorrem com uma frequência de 70 a 84%, comparadas com as lesões de LCA de contato direto, em ambos os sexos [2,3]. Além disso, estima-se que nos Estados Unidos o custo com lesões de LCA pode chegar a 1 bilhão de dólares [3,4]. Com isso, estudos de prevenção para entorses de joelhos sem contato são fundamentais na busca de fatores de risco associados à lesão do LCA [2,3].

Existem diversos fatores de risco que podem levar a ruptura do LCA, dentre eles os fatores biomecânicos relacionados com os planos sagital, coronal e transversal das articulações do tornozelo, joelho e quadril [3,4]. A literatura mostra, através de análises cinemáticas, que o mecanismo mais comum de ruptura do LCA é a combinação da rotação externa do joelho, com o mesmo perto da extensão (20 a 30°), associado ao valgo de joelho, durante a desaceleração do movimento com o pé fixo no solo [2,3]. Além desse mecanismo, estudos recentes relatam que a lesão de LCA pode ter como fator de risco o colapso em valgo do joelho [5,6].

As análises cinemáticas das rotações da articulação do joelho podem ser realizadas em diversos testes específicos como o *vertical drop jump* (VDJ), o qual é um dos testes mais utilizados para identificar fator de risco nas rotações do joelho no plano frontal [7-9]. Entretanto, quando esse teste é comparado com um teste mais específico, como o *sidestep cutting* (SC), o qual se aproxima mais da realidade encontrada durante algumas as lesões de LCA (unipodal, com mudança de direção rápida), estudos demonstraram fraca correlação nas análises de valgo do joelho [5-10].

Com isso, o objetivo deste estudo foi comparar, as rotações da articulação do joelho no *vertical drop jump* e no *sidestep cutting* em adultos jovens, já que há poucos relatos na população masculina. A hipótese levantada foi de que não haveria correlação entre os testes propostos, apesar de a literatura utilizar o VDJ como um teste de predição de lesão de LCA.

Materiais e métodos

O estudo contou com voluntários masculinos saudáveis (n=10) de 18 a 30 anos de idades, com classificação de 4 a 6 na escala para membros inferiores [11], e que apresentaram média de idades de 23,9±3, 8 anos, peso médio de 83,1±11,5 kg e estatura média de 177,9±5,2 cm. Foram excluídos os indivíduos com histórico de lesão nos joelhos que poderia interferir nos testes. Foi utilizada a amostra do sexo masculino, pois além de ter altos índices de lesão de LCA, há poucos estudos que compararam os testes propostos com esse grupo. Todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) da Universidade de São Paulo (USP) (HCRO nº38/2011).

Primeiramente, foram fixados dezoito marcadores retrorrefletivos de 1,0 cm de diâmetro, nas seguintes proeminências ósseas bilateralmente: trocânter maior do fêmur, epicôndilo lateral do fêmur, epicôndilo medial do fêmur, cabeça da fíbula, maléolo lateral, maléolo medial, tuberosidade do calcâneo, base do V metatarso. Após a colocação dos marcadores todos os indivíduos passaram por um breve aquecimento padronizado de 10 minutos antes de realizarem os testes.

O primeiro teste a ser realizado foi o VDJ, que constituiu da queda de uma plataforma de 40 cm de altura, seguido imediatamente de um salto vertical com elevação dos braços simulando pegar um objeto o mais alto possível. Os indivíduos receberam orientações para se familiarizar com o teste antes de três ensaios válidos e tiveram 60s de repouso entre os testes [5,12,13].

Após o VDJ foi realizado o SC, o qual o indivíduo teve que desacelerar de uma corrida (5 metros) em linha reta, e realizar uma mudança de direção de 45° em relação ao eixo da corrida [5,14]. A mudança de direção

com o membro inferior direito foi realizada para esquerda, e com o membro inferior esquerdo, o inverso. Os voluntários realizaram três ensaios válidos para direita e três para esquerda, e receberam as mesmas orientações e repouso do VDJ.

O sistema VICON (Centennial, CO, EUA), com oito câmeras de resolução espacial de quatro megapixels operando em uma frequência de 250 Hz foi utilizado para a obtenção das variáveis 3D dos marcadores retrorrefletivos.

Os dados 3D foram processados por meio de rotinas criadas no *software* MatLab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA). Para os cálculos do movimento de rotação do joelho foi utilizada a representação matemática dos ângulos de Euler. Para isso foram criados os versores i, j e k , para definir os sistemas de coordenadas locais da coxa e perna. A sequência de rotação XYZ foi adotada para obter as rotações da articulação do joelho [15,16].

As variáveis de rotação articular do joelho foram extraídas a partir do intervalo de contato inicial (CI) até a máxima flexão do joelho. O CI no VDJ foi padronizado com o toque do marcador do V metatarso, pois nesse teste todos os indivíduos aterrissaram primeiramente com o antepé. Já no SC o CI foi padronizado com o toque do marcador do calcâneo, pois o momento inicial se deu com o mediopé ou retropé. No CI foram estipulados os ângulos de flexão, valgo e rotação externa. Os valores máximos desses ângulos foram estipulados entre os intervalos do CI e a máxima flexão do joelho. Foram analisados somente os joelhos direitos, pois todos os indivíduos tinham dominância a direita.

Análise Estatística – Os valores médios e desvios padrão de três ensaios válidos de cada teste foram calculados e utilizados para as análises estatísticas. O Coeficiente de Correlação de *Spearman* (ρ) foi calculado entre a máxima angulação de flexão do joelho no VDJ e no SC, entre a máxima angulação de valgo no VDJ e no SC, e entre a máxima angulação de rotação externa no VDJ e no SC. O intervalo de confiança foi fixado a 95%, com alfa de 0,05.

Tabela 1: Ângulos de rotação do joelho no *Vertical Drop Jump* e no *Sidestep Cutting*.

	<i>Vertical Drop Jump</i>		<i>Sidestep Cutting</i>	
	MD ± DP	IC 95%	MD ± DP	IC 95%
Contato Inicial (CI) Valgo (°)	2,4±6,0	0,2 – 4,7	7,3±9,6	3,8 – 10,9
CI Flexão (°)	37,8±14,4	32,4 – 43,2	20,4±10,6	16,4 – 24,3
CI Rotação Externa (°)	17,0±20,0	9,6 – 24,5	35,2±16,3	29,1 – 41,3
Máximo Valgo (°)	6,9±12,6	2,2 – 11,6	24,3±13,7	19,2 – 29,4
Máxima Flexão (°)	92,7±12,6	88,0 – 97,5	47,2±10,5	43,2 – 51,1
Máxima Rotação Externa (°)	20,5±13,6	15,5 – 25,6	35,2±17,2	28,8 – 41,6

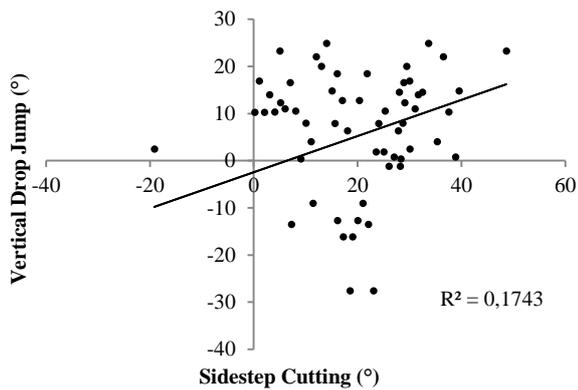


Figura 1: Valores de dispersão e regressão linear com R^2 da máxima angulação de valgo no *Vertical Drop Jump* e no *Sidestep Cutting*

Resultados

Os valores das médias (MD), desvios padrão (DP) e intervalos de confiança (IC) estão apresentados na Tabela 1. O ρ de Spearman para a máxima angulação de valgo foi 0,528 com $p=0,003$, o que indica evidência de correlação moderada (Figura 1). Na máxima flexão o ρ foi de 0,178 e $p=0,346$, o que indica fraca correlação. O ρ para máxima rotação externa foi de 0,153, o que indica fraca correlação com $p=0,417$. Foram ainda calculadas as médias dos intervalos de tempo para a máxima flexão do joelho no VDJ ($0,195s \pm 0,071$) e no SC ($0,100s \pm 0,030$).

Discussão

Os resultados apresentaram diferenças cinemáticas entre os VDJ e SC. O SC apresentou valores quase três vezes maiores de valgo do joelho que o VDJ, tanto no CI como no valor máximo de valgo. Outra observação foram os valores de flexão de joelho que apresentaram no SC quase a metade do apresentado no VDJ. Esses achados vão ao encontro de nossa hipótese, a qual o VDJ apresenta características diferentes de rotações de joelho quando comparado com o SC [2,3]. Isso sugere que o VDJ pode não ser o melhor teste para verificar a predisposição de lesão no joelho durante mudanças rápidas de direção, as quais são observadas no SC que um teste mais próximo da realidade esportiva. Além disso, para reforçar essa observação as correlações entre os testes aplicados de valgo e flexão máxima foram moderada e fraca, respectivamente. Principalmente em relação ao valgo que apresentou evidência na sua correlação ($p<0,05$).

Uma característica bem diferente observada entre os testes foi o intervalo de tempo para alcançar o pico de flexão máxima do joelho. No SC o pico máximo foi perto de 0,100s, que corresponde ao período de maior ocorrência de lesão de LCA [17]. Já o VDJ apresentou um intervalo de tempo de 0,195s, o que mostra um tempo de absorção de impacto quase duas vezes maior que o SC. Entretanto, no estudo que compara esses mesmos testes foram utilizados somente o intervalo

entre o CI até 0,100s, com a justificativa de ser o intervalo de maior incidência de lesão [5].

Os nossos dados de correlação foram semelhantes aos achados por esses mesmo autores que utilizaram o intervalo de 100ms, os quais encontraram fraca correlação entre os momentos de valgo nos VDJ e SC, em mulheres jogadoras de Handebol [5]. As possíveis justificativas das diferenças observadas entre os testes estudados são: o SC depende de como é realizado o contato do pé, normalmente com o calcâneo ou mediopé, já no VDJ sempre é realizado com o antepé; o SC apresenta alta velocidade e alta energia na fase de aproximação, ao contrário da queda de uma plataforma; e o SC é realizado de forma unipodal, o que trás mais perto da realidade de uma mudança de direção observada nos esportes [6]. Assim, simulações mais perto do real da lesão de LCA, provavelmente serão mais válidas para prever risco de dessa lesão. Essas suposições são reafirmadas em estudos que não evidenciaram o VDJ como fator de risco para lesão de LCA [4,18], o que deixa esse teste ainda sem consenso sobre a real evidência em prever essa lesão.

Acreditamos que nosso estudo apresenta como principal diferencial a amostra do sexo masculino, pois os principais estudos que verificaram o valgo do joelho como fator de risco para lesão foram com mulheres [3,4]. Além disso, foi possível demonstrar através das análises cinemáticas as principais diferenças entre o VDJ e SC, e assim sugerir que estudos de mecanismos de lesão de LCA devem ser guiados com fatores de risco modificáveis e os mais funcionais possíveis para conseguirmos elaborar protocolos de prevenção.

Conclusão

Houve diferença entre as análises cinemáticas de rotações da articulação do joelho entre o VDJ e SC. Houve moderada correlação entre os valores angulares de valgo do joelho nos testes propostos e correlação fraca entre as angulações de flexão de joelho. Isso indica que o SC, um teste mais funcional para algumas lesões de LCA, apresente características diferentes do VDJ que é utilizado para prever lesões de LCA.

Agradecimentos

A Pró-Reitoria de Pesquisa da USP e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] Engebretsen L, Soligard T, Steffen K, Alonso JM, Aubry M, Budgett R, et al. Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *Br J Sports Med* [Internet]. 2013 May [cited 2013 Oct 16];47(7):407–14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23515712>.

- [2] Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2009 Jul [cited 2013 Sep 21];17(7):705–29. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19452139>.
- [3] Micheo W, Hernández L, Seda C. Evaluation, management, rehabilitation, and prevention of anterior cruciate ligament injury: current concepts. *PM R* [Internet]. Elsevier Inc.; 2010 Oct [cited 2013 Sep 30];2(10):935–44. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20970763>.
- [4] Griffin LY, Albohm MJ, Arendt E a, Bahr R, Beynon BD, Demaio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med* [Internet]. 2006 Sep [cited 2013 Sep 22];34(9):1512–32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16905673>.
- [5] Kristianslund E, Krosshaug T. Comparison of drop jumps and sport-specific sidestep cutting: implications for anterior cruciate ligament injury risk screening. *Am J Sports Med* [Internet]. 2013 Mar [cited 2013 Oct 1];41(3):684–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23287439>.
- [6] Kristianslund E, Faul O, Bahr R, Myklebust G, Krosshaug T. Sidestep cutting technique and knee abduction loading: implications for ACL prevention exercises. *Br J Sports Med* [Internet]. 2012 Apr 6 [cited 2013 Oct 1];0:1–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23258848>.
- [7] Earl JE, Monteiro SK, Snyder KR. Differences in lower extremity kinematics between a bilateral drop-vertical jump and a single-leg step-down. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2007 May [cited 2013 Oct 7];37(5):245–52. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17549953>.
- [8] Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2010 Feb [cited 2013 Mar 1];40(2):42–51. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20118526>.
- [9] Stensrud S, Myklebust G, Kristianslund E, Bahr R, Krosshaug T. Correlation between two-dimensional video analysis and subjective assessment in evaluating knee control among elite female team handball players. *Br J Sports Med* [Internet]. 2011 Jun [cited 2013 Sep 3];45(7):589–95. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21148569>.
- [10] O'Connor K, Monteiro S, Hoelker I. Comparison of selected lateral cutting activities used to assess ACL injury risk. *J Appl Biomech*. 2009;25:9–21.
- [11] Wojtys EM, Wylie BB, Huston LJ. The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees. *Am J Sports Med* [Internet]. 1993;24(5):615–21. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8883681>.
- [12] Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2003 Oct [cited 2013 Oct 4];35(10):1745–50. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14523314>.
- [13] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, 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. *Am J Sports Med* [Internet]. 2005 Apr [cited 2013 Aug 9];33(4):492–501. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15722287>.
- [14] Donnelly CJ, Elliott BC, Doyle TL a, Finch CF, Dempsey AR, Lloyd DG. Changes in knee joint biomechanics following balance and technique training and a season of Australian football. *Br J Sports Med* [Internet]. 2012 Oct [cited 2013 Oct 7];46(13):917–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22547562>.
- [15] Grood ES, Suntay WJ. A Joint Coordinate System for the Clinical Description of Three-Dimensional Motions: Application to the Knee. *J Biomech Eng*. 1983;105:136–44.
- [16] Cesar GM, Pereira VS, Santiago PRP, Benze BG, da Costa PHL, Amorim CF, et al. Variations in dynamic knee valgus and gluteus medius onset timing in non-athletic females related to hormonal changes during the menstrual cycle. *Knee* [Internet]. Elsevier B.V.; 2011 Aug [cited 2013 Sep 25];18(4):224–30. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20719520>.
- [17] Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med* [Internet]. 2010 Nov [cited 2014 Jul

14];38(11):2218–25. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20595545>.

- [18] Smith HC, Johnson RJ, Shultz SJ, Tourville T, Holterman LA, Slauterbeck J, et al. A prospective evaluation of the Landing Error Scoring System (LESS) as a screening tool for anterior cruciate ligament injury risk. *Am J Sports Med* [Internet]. 2012 Mar [cited 2014 Jul 14];40(3):521–6. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22116669>.