

## ANÁLISE CINEMÁTICA DO JOELHO DURANTE A ATERRISSAGEM UNIPODAL EM JOGADORES DE BASQUETEBOL E VOLEIBOL

B. L. S. Bedo\*, M. B. Domingos\*\*, F. P. Mariano\*, V. L. Andrade\*, R. Macari\*, 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: bruno.bedo@usp.br

**Resumo:** A aterrissagem unipodal é comumente presente em modalidades esportivas como o basquetebol e voleibol. O objetivo deste estudo foi comparar o padrão cinemático do movimento de rotação do joelho durante a aterrissagem unipodal entre jogadores de basquetebol e voleibol. Participaram do estudo 10 voluntários, todos do sexo masculino. Cada participante realizou 12 aterrissagens unipodal de uma plataforma de 50 cm de altura. Os dados tridimensionais de cinemática angular de movimento da articulação do joelho momento da aterrissagem unipodal foram obtidos por meio do sistema Qualisys™ e analisados em ambiente MatLab®. Verificou-se diferença significativa nos valores de rotação do joelho entre as duas modalidades estudadas na tarefa proposta, nas quais os valores maiores de rotação foram encontrados em praticantes de voleibol. Conclui-se que atletas de diferentes modalidades apresentam diferenças nos padrões cinemáticos da articulação do joelho no momento da aterrissagem. Essas diferenças entre as modalidades pode ser explicada devido ao número de saltos e a especificidade de treinamento em cada modalidade.

**Palavras-chave:** Joelho, Cinemática, Basquetebol, Voleibol.

**Abstract:** *Unipodal landing is generally present in sports such as basketball and volleyball. The aim of this study was to compare the kinematic pattern of rotational motion of the knee during the unipodal landing between volleyball and basketball players. Participated in the study 10 male volunteers/players with mean age between 18 and 25, (21,22±2,72 years, 90.9±24,19kg, 179,5±6,34cm). Each participant performed 12 single unipodal landings from a platform of 50 cm high. The three-dimensional data as angular rotation at the moment of landing, were obtained through the Qualisys™ system and were processed at ambient MatLab®. It was verified a significant difference in the values of rotation angular movements between the two modalities studied, where higher values of angular rotation were found in volleyball practitioners. The conclusion is that athletes of this study showed differences in kinematic patterns of*

*the knee in the moment of landing, the number of leaps and the specificity of each modality training could explain one of the hypotheses for this*

**Keywords:** *Knee, kinematic, Basketball, Volleyball.*

### Introdução

Esportes coletivos como voleibol e basquetebol são modalidades que atraem muitos praticantes. Suas características envolvem principalmente um grande número de saltos e aterrissagens e, conseqüentemente, a necessidade do bom funcionamento da articulação do joelho.

Pelas características dos movimentos nesses esportes, que podem sobrecarregar a articulação do joelho, um grande número de lesões é relatado na literatura, entretanto uma das principais estudadas é a lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) [1 2 3 4].

Apesar do número de estudos sobre a ruptura do LCA, ainda há carência nas descrições dos mecanismos envolvidos nessas lesão para seu melhor entendimento e conseqüentemente a formulação de um treino preventivo seja efetivo [5 6 7], como por exemplo: treinamentos neuromusculares ou proprioceptivos [2 8 9 10 11].

Embora seja uma tarefa relativamente simples para atletas e pessoas saudáveis, a aterrissagem unipodal realizada de uma altura conhecida e padronizada é de alta complexidade por acarretar a possibilidade de alterações articulares não esperadas, sendo assim uma metodologia utilizada para entendimento para descrever os movimentos angulares de joelho [12].

Em situações da prática esportiva como, desacelerações bruscas, saltos e mudanças de direção, podem ocorrer o fenômeno denominado “colapso em valgo do joelho” que compreende a rotação interna do quadril e tibia e abdução do joelho, conseqüentemente, gerando um aumento significativo nas forças tensivas no LCA [13], resultando no aumentando o risco de lesões nesse componente anatômico [14 15]. Adicionalmente, o colapso em valgo do joelho é citado como um dos principais mecanismos desencadeadores de lesão no LCA [16 17 18].

Desse modo, pela descrita complexidade e

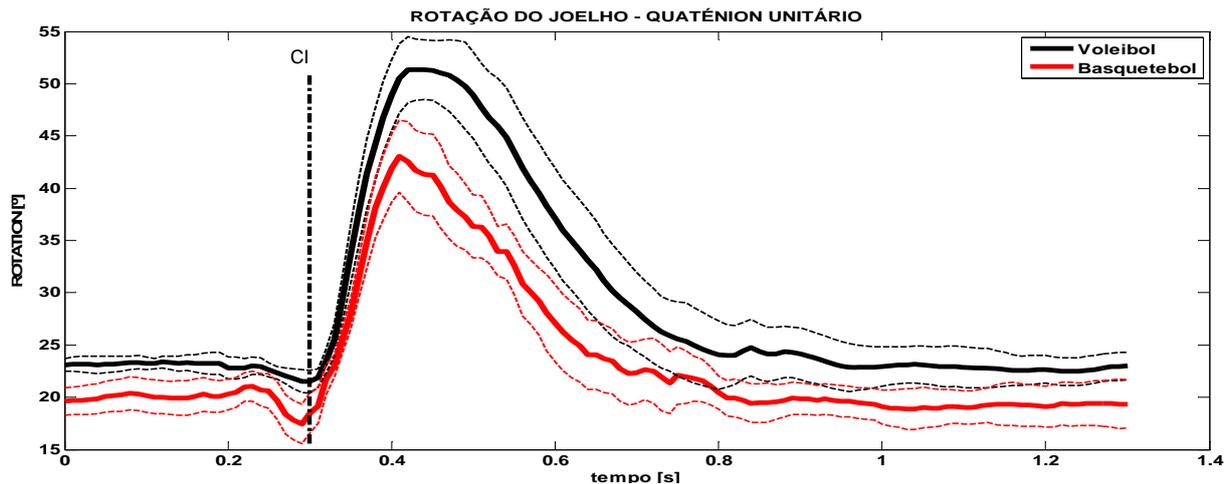


Figura 1 – Mediana e intervalo de confiança da mediana do quatérnio unitário representado por suas partes escalar ( $q_0$ ) expressa em graus comparando as modalidades de basquetebol (vermelho) e voleibol (preto) durante aterrissagem unipodal.

individualidade que estão envolvidas no mecanismo de valgo do joelho, é possível que jogadores de duas modalidades esportivas apresentem diferentes padrões de movimento dessa articulação. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi comparar o padrão cinemático do movimento de rotação do joelho durante a aterrissagem unipodal entre jogadores de basquetebol e voleibol. A hipótese principal é que devido a especificidade de cada modalidade assim como o tipo de treinamento, atletas de diferentes modalidades apresentem comportamento cinemático de rotação da articulação do joelho distintos apesar da literatura apresentar o valgo dinâmico como um dos mecanismos principais de lesões de LCA.

### Materiais e métodos

**Participantes** – Participaram do estudo dez adultos jovens ( $21,22 \pm 2,72$  anos,  $90,9 \pm 24,19$  kg,  $179,5 \pm 6,34$  cm) que realizavam no mínimo duas sessões por semana de treinamento sistematizado de basquetebol ( $n=5$ ) e voleibol ( $n=5$ ), além de disputarem campeonatos de nível universitário. Todos os participantes foram informados sobre os procedimentos e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento 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).

**Coleta de dados** - Cada participante realizou doze aterrissagens unipodal de uma plataforma de 50 cm, com o membro inferior dominante. Seis marcadores refletivos de 1,5 cm de diâmetro foram fixados nas seguintes proeminências ósseas: trocânter maior do fêmur (p1), epicôndilo lateral do fêmur (p2), epicôndilo medial do fêmur (p3), cabeça da fíbula (p4), maléolo lateral (p5), maléolo medial (p6) [19] para posterior reconstrução tridimensional. As variáveis tridimensionais foram obtidas por meio do sistema de captura de movimento composto por oito câmeras de infravermelho (Qualisys ProReflex Medical AB, Gotenburgo, Suécia), operando a uma frequência de 100

Hz.

Para a padronização das análises, foi definida uma janela de tempo que compreendeu 0,3 segundos antes do contato inicial do pé de aterrissagem no solo (CI) até 1 segundo após o CI, totalizando assim, 1,3 segundos de análise de movimento.

Foram definidos os sistemas de referência local da coxa e da perna por meio das coordenadas tridimensionais dos marcadores, conforme proposto por Grood e Suntay [20]. Para quantificar a variação angular do joelho na tarefa foi utilizado o componente escalar do quatérnio unitário expresso em graus ( $q_0$ ) [21 22 23], que é uma representação matemática para descrever rotações no espaço tridimensional a partir da matriz de rotação  $3 \times 3$ .

Todo o processamento e análise de dados foram realizados em ambiente Matlab® (Mathworks Inc., Natick, MA, USA).

**Análise estatística** - A mediana de  $q_0$  e o seu respectivo intervalo de confiança na série temporal analisada foram assumidos como o padrão de movimento de rotação de cada grupo (voleibol *versus* basquetebol). Assim, as possíveis diferenças entre os grupos foram determinadas por meio da sobreposição ou não dos intervalos de confiança da mediana com um nível de significância de  $p < 0,05$ .

### Resultados

Foram verificadas diferenças no padrão cinemático do movimento de rotação para a articulação do joelho, em momentos específicos para os dois grupos investigados, conforme apresentado na Figura 1. Nota-se que os jogadores de voleibol apresentaram valores mais elevados de rotação no instante que antecede e no momento do CI, quando comparado com os jogadores de basquetebol ( $p < 0,05$ ). Após o CI, os padrões são semelhantes até aproximadamente 100 ms, mas logo após esse instante, os jogadores de voleibol tornam a apresentar uma maior rotação em relação aos jogadores de basquetebol ( $p < 0,05$ ).

## Discussão

A descrição dos padrões cinemáticos de rotação da articulação do joelho, quando se trata de uma comparação entre jogadores do sexo masculino de duas modalidades esportivas distintas, ainda é escassa na literatura. Um grande número de estudos utilizaram aterrissagens unipodal e bipodal para descrever os padrões cinemáticos do joelho em uma única modalidade esportiva. Os resultados obtidos neste estudo evidenciam a existência de um padrão cinemático de rotação do joelho distinto para praticantes das modalidades vôleibol e basquetebol.

Herrington [24] comparou praticantes de vôleibol e basquetebol, em testes de aterrissagem, e encontrou maiores valores de valgismo na articulação do joelho em jogadores de vôleibol quando comparados com praticantes de basquetebol. Tais resultados vão ao encontro com os encontrados em nosso estudo, os quais jogadores de vôleibol apresentaram maiores valores de rotação na articulação do joelho no momento da aterrissagem.

Sinsurin et al. [25] também encontraram valores maiores de variação angular na articulação do joelho em jogadores vôleibol (8,8°) quando comparados a jogadores de basquetebol (5,8°). Uma das hipóteses para esses valores é devido às características das diferentes modalidades estudadas como, frequência de saltos durante uma partida e o tipo de salto vertical, assim como sua aterrissagem, que pode ser realizada com ambas ou apenas com um membro inferior.

Tillman et al. [26] encontraram um total de 1087 saltos em quatro partidas de vôleibol feminino, sendo que 484 foram realizados no momento do ataque e 603 na defesa. Nessas situações, a aterrissagem unipodal, subsequente ao salto, em momentos de ataque e defesa são de 45% e 43%, respectivamente. Diferente do basquetebol, em que os atletas realizam em média apenas  $44 \pm 7$  saltos por jogo [27], sendo que em sua maioria, saltos e aterrissagens ocorrem sob apoio unipodal, como na execução da “bandeja”, no qual o salto realizado com intuito de aproximação para execução do arremesso é realizado de maneira unipodal assim como a aterrissagem posterior ao arremesso.

Cowley et al. [28] ao realizar um estudo com jogadoras de basquetebol e futebol, confirmaram a hipótese de jogadoras de diferentes modalidades esportivas poderiam apresentar diferenças entre os padrões de controle neuromusculares induzidas pela especificidade da modalidade praticada. Leporace et al. [29] em seu estudo, com atletas púberes de vôleibol, compararam a cinemática angular e temporal dos membros inferiores e encontraram valores elevados de valgismo na articulação do joelho em aterrissagens unipodal.

A natureza e características da modalidade esportiva podem explicar essa diferença entre modalidades. O movimento de pivô é muito frequente em praticantes de basquetebol, quando o jogador se mantém em apoio sobre um único membro, diferentemente do vôleibol, que existe um baixo número de tarefas específicas em

apoio unipodal [24], principalmente em aterrissagens subsequentes a um salto, sejam em situações ofensivas ou defensivas. Em ambas as situações, a aterrissagem é realizada da maneira bipodal em sua grande maioria, sendo que em 55% dos saltos ofensivos e 57% de saltos defensivos as aterrissagens são realizadas sobre dois apoios [26]. Portanto, existe uma familiaridade com a tarefa para praticantes de basquetebol, o que pode ter resultado em valores menores de rotação da articulação do joelho para jogadores de basquetebol.

## Conclusão

Os jogadores de vôleibol e basquetebol investigados no presente estudo apresentaram diferenças no padrão cinemático de rotação do joelho na aterrissagem unipodal. É possível que essa diferença seja decorrente da especificidade e do tipo de treinamento de cada modalidade.

Outra possibilidade para diferenças nos padrões cinemático da articulação do joelho no momento da aterrissagem é a diferença intragrupo existente, sugerimos que em futuros estudos a diferença entre atletas da mesma modalidades, no entanto, de diferente posições, seja analisada para que esse questionamento levantado possa ser esclarecido.

## Agradecimentos

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

## Referências

- [1] Cochrane JL, Lloyd DG, Butfield A, Seward H, McGivern J. Characteristics of anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sports*. 2007;10:96-104.
- [2] Donnelly CJ; Elliott BC; Doyle TLA; Finch CF; Dempsey AR; Lloyd DG. Changes in knee joint biomechanics following balance and technique training and a season of Australian football. *British Journal of Sports Medicine*. 2012;46:919-922:2012.
- [3] Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Prevention of anterior cruciate ligament injuries, *Current Women's Health Reports*. 2001;1(3):218-224.
- [4] Zebis MK; Andersen LL; Bencke J; Kjaer M; Aagaard P. Identification of athletes at future risk of anterior cruciate ligament ruptures by neuromuscular screening. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009;37(10):1967-1973.
- [5] Van Mechelen, W, Hlobil H, Kemper HCG. Incidence, severity, etiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Medicine*. 1992;14(2):82-99.
- [6] Baldon Rde M, Lobato DF, Carvalho LP, Wun PY, Santiago PR, Serrão FV. Effect of Functional Stabilization Training on Lower Limb Biomechanics in Women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2012;44(1):135-45.
- [7] Baldon Rde M, Moreira Lobato DF, Yoshimatsu AP, dos Santos AF, Francisco AL, Pereira Santiago

- PR, Serrão FV. Effect of plyometric training on lower limb biomechanics in females. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2014;24(1):44-50.
- [8] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. 2008;33(4):492-501.
- [9] Hübscher M, Zech A, Pfeifer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2010;42(3):413-421.
- [10] Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjøberg A, Olsen OE, Bahr R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2003;13:71-78.
- [11] Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*. 2005;330:449-520.
- [12] CESAR, G. M. et al. Variations in dynamic knee valgus and gluteus medius onset timing in non-athletic females related to hormonal changes during the menstrual cycle. *Theknee*. 2011;18:224-230.
- [13] Quatman CE, Hewett TE. The anterior cruciate ligament injury controversy: is “valgus collapse” a sex-specific mechanism? *Br J Sports Med*. 2009;43(5):328-335.
- [14] Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2009;17(7):705-729.
- [15] Lobato DF, Baldo Rde M, Wun PY, Santiago PR, Serrão FV. Effects of the use of oral contraceptives on hip and knee kinematics in healthy women during anterior stair descent. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(12):2823-30.
- [16] Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, Demaio M, Dick RW, Engebretsen L, Garrett WE Jr, Hannafin JA, Hewett TE, Huston LJ, Ireland ML, Johnson RJ, Lephart S, Mandelbaum BR, Mann BJ, Marks PH, Marshall SW, Myklebust G, Noyes FR, Powers C, Shields C Jr, Shultz SJ, Silvers H, Slauterbeck J, Taylor DC, Teitz CC, Wojtys EM, Yu B. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the hunt valley II meeting. *Journal of the American Academy of Orthopedic Surgeons*. 2006;39(9):1512-1532.
- [17] Delahunt E, Sweeney L, Chawke M, Kelleher J, Murphy K, Patterson M, Prendiville A. Lower limb kinematic alterations during drop vertical jumps in female athletes who have undergone anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Research*. 2012;30(1):72-78.
- [18] Kristianslund E, Faul O, Bahr R, Myklebust G, Krosshaug T. Sidestep cutting technique and knee abduction loading: Implications for ACL prevention exercises. *British Journal of Sports Medicine* 2014;48(9):779-783.
- [19] Cappozzo A, Catani F, Croce UD, Leardini A. Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 1995;10(4):171-178.
- [20] Grood ES, Suntay WJ. A joint coordinate system for the clinical Description of Three-Dimensional Motions: Application to the knee. *Journal of Biomechanical Engineering*. 1983;105:136-144.
- [21] HAMILTON, W. R. On Quaternions. *Proceedings of the Royal Irish Academy, Dublin*. Disponível em: <<http://www.emis.ams.org/classics/Hamilton/Quatern2.pdf>>1847.
- [22] Vrongistinos, K., Stylianides, G., Hwang, Y. S. Angular Velocities and Three Dimensional Analysis Using Quaternions. In: *PROCEEDINGS OF THE 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE 3-D ANALYSIS OF HUMAN MOVEMENT*, Annals. 2002; 2002 Jul10-12; Newcastle, England. 2002.
- [23] Santiago PRP. Rotações Tridimensionais em Biomecânica Via Quaternions: Aplicação na Análise dos Movimentos Esportivos. 95 Tese (Doutorado). Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, Brasil. 2009.
- [24] Herrington L. Knee Valgus Angles During Landing Tasks in Female Volleyball and Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011;25(1):L262-266.
- [24] Sinsurin K, Vachalathiti R, Jalayondja W, Limroongreungrat W. Altered Peak Knee Valgus during Jump-Landing among Various Directions in Basketball and Volleyball Athletes. *Asian Journal of Sports Medicine*. 2013;4(3):195-200.
- [26] Tillman MD, Hass CJ, Brunt D, Bennett G. Jumping and landing techniques in elite women's volleyball. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2004;3:30-36.
- [27] Ben Abdelkrim N, El Fazaa S, El Ati J. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*. 2007;41(2):69-75.
- [28] Cowley HR, Ford KR, Myer GD, Kernozek TW, Hewett TE. Differences in neuromuscular strategies between landing and cutting tasks in female basketball and soccer athletes. *Journal of Athletic Training*. 2006;41(1):67-73.
- [29] Leporace G, Praxedes J, Pereira GR, Pinto SM, Chagas D, Metsavaht L, Chame F, Batista LA. Influence of a preventive training program on lower limb kinematics and vertical jump height of male volleyball athletes. *Physical Therapy in Sport*. 2013;14:35-43.