

# Controle postural em pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior

## *Postural control in patients with anterior cruciate ligament injury*

Gabriela Borin<sup>1</sup>, Catia de Lourdes Masullo<sup>1</sup>, Thatia Regina Bonfim<sup>2</sup>, Anamaria Siriani de Oliveira<sup>3</sup>, Cleber Antônio Jansen Paccola<sup>3</sup>, José Ângelo Barela<sup>4</sup>, Débora Bevilaqua-Grossi<sup>3</sup>

Estudo desenvolvido no RAL/ FMRP/USP – Depto. de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP; e Unesp – Universidade Estadual Paulista, campus de Rio Claro, SP, Brasil

- <sup>1</sup> Graduandos no Curso de Fisioterapia da FMRP/USP
- <sup>2</sup> Profa. Dra. do Curso de Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Poços de Caldas, MG
- <sup>3</sup> Profs. Drs. do Depto. de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da FMRP/USP
- <sup>4</sup> Prof. Dr. assistente do Depto. de Educação Física da Unesp campus de Rio Claro

### ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Gabriela Borin  
R. Pistache 43 Parque dos  
Príncipes  
05396-400 São Paulo SP  
e-mail: gabriela\_borin@  
yahoo.com.br catiamasullo@  
yahoo.com.br; thatiarb@  
pucpcaldas.br; siriani@fmrp.  
usp.br; cajpacco@fmrp.usp.  
br; jbarela@rc.unesp.br;  
deborabg@fmrp.usp.br

APRESENTAÇÃO  
fev. 2010

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO  
set. 2010

**Resumo:** A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) do joelho acarreta alterações somatosensoriais em função da perda de informações provenientes dos mecanorreceptores presentes no LCA. Esses receptores constituem importante fonte de informação sensorial, afetando o desempenho de vários atos motores, dentre os quais o controle postural. O estudo objetivou analisar o controle postural de indivíduos com joelhos normais e com lesão unilateral do LCA. Participaram 15 voluntários com lesão do LCA (grupo lesado) e 15 voluntários com joelhos normais (grupo controle). O controle postural foi analisado por plataforma de força, sendo o voluntário instruído a assumir a situação experimental em apoio unipodal direito e esquerdo, posicionado no centro da plataforma de modo estático e com os olhos fechados. A plataforma de força forneceu informações de forças e momentos no eixo vertical e horizontal, a partir das quais foi obtida a área de deslocamento do centro de pressão nas direções ântero-posterior e médio-lateral. Os resultados mostram que indivíduos com lesão do LCA apresentaram maior amplitude média de oscilação comparados aos do grupo controle, sugerindo que o *deficit* no controle postural seja devido à perda de informações proprioceptivas nos indivíduos com LCA. Esses resultados têm implicações para a abordagem clínica de indivíduos com lesão do LCA.

**Descritores:** Biomecânica; Ligamento cruzado anterior; Postura; Propriocepção

**Abstract:** Anterior cruciate ligament (ACL) injury leads to sensorimotor changes due to lack of information from mechanoreceptors at the ACL. These receptors are an important source of sensory information, affecting the performance of various motor responses, among which postural control. The purpose of this study was to assess postural control in individuals with normal knees and with unilateral ACL injury. Fifteen subjects with ACL injury and 15 healthy young subjects (control group) were submitted to postural control assessment by standing in single-leg stance (both right and left) on a force platform; they stood at the centre of the platform, with eyes closed, remaining in the position for 30 seconds. The force platform provided information on forces and moments along both vertical and horizontal axes, from which was obtained the centre of pressure displacement in anterior-posterior and medial-lateral directions. Individuals with ACL injury showed greater mean sway amplitude than healthy control ones, suggesting that their deficit in postural control might be due to lack of proprioceptive information. These results have implications for the clinical approach of individuals with ACL injury.

**Key words:** Anterior cruciate ligament; Biomechanics; Posture; Proprioception

## INTRODUÇÃO

O ligamento cruzado anterior (LCA) é o ligamento do joelho mais frequentemente lesado. Após a lesão do LCA, é comum a instabilidade de joelho, que pode progredir para mudanças funcionais e lesões de outras estruturas articulares<sup>1-3</sup>. Essas mudanças e sintomas podem indicar a necessidade de reconstrução cirúrgica do ligamento. Apesar da evolução das técnicas de reconstrução cirúrgica, a recuperação da função e a estabilidade podem ser insatisfatórias<sup>4-6</sup>. Alguns estudos sugerem que a reconstrução bem-sucedida do LCA se correlaciona mais com a restauração da propriocepção do que com a estabilidade mecânica, e isso se justifica pelo fato de o ligamento lesado ser substituído por um enxerto, que não tem as mesmas características do ligamento, sem restauração dos mecanorreceptores originais e conexões nervosas<sup>7-9</sup>.

A propriocepção é uma modalidade sensorial que envolve a sensação do posicionamento e movimento articular<sup>10</sup>. As informações sensoriais provenientes do sistema visual, vestibular e somatosensorial estabelecem a base do controle postural. Uma disfunção em qualquer parte dos sistemas resulta em prejuízos ao controle postural<sup>3,11</sup>. No joelho, mecanorreceptores como terminações de Ruffini, corpúsculos de Pacini e órgãos tendinosos de Golgi estão presentes no LCA, no ligamento cruzado posterior e nos meniscos<sup>6</sup>. Desse modo, o LCA não se configura apenas como restritor mecânico, mas fornece informação sensorial ativando a estabilização muscular reflexa<sup>10,12</sup>. Na lesão do LCA, a informação dos mecanorreceptores é interrompida, podendo afetar o sistema normal de retroalimentação (*feedback*) sensorial, alterando a coordenação neuromuscular.

Testes que desafiam a manutenção do controle postural, eliminando a visão, ou alterando a base de suporte ou a postura são sugeridos como métodos para avaliação da contribuição somatossensorial do controle postural, enfatizando a retroalimentação proprioceptiva do LCA<sup>10,12</sup>.

O modelo do pêndulo invertido é o mais utilizado para a análise da postura em pé. Nesse modelo, o controle postural, do ponto de vista biomecânico,

pode ser avaliado pelos movimentos do centro de massa (CM) e do centro de pressão (CP)<sup>13</sup>. O CP é definido como o ponto de aplicação das forças de reação do solo sob os pés, mensuradas por uma plataforma de força, correspondendo ao resultado da força de inércia do corpo e da restauração das forças de equilíbrio do sistema de controle postural<sup>13</sup>. Indivíduos com excursões do CP de alta magnitude ou velocidade sugerem prejuízo no controle postural<sup>10,14</sup>.

Testes quantitativos utilizados em vários estudos restringem-se às situações passivas e estáticas, analisando apenas a postura em apoio unipodal ou bipodal, sugerindo uma limitada informação funcional. A avaliação da oscilação postural durante a atividade de manter-se em pé pode porém ser considerada uma situação ativa e dinâmica, uma vez que são analisadas as forças de atuação nessa ação, representando potencialmente melhores testes clínicos para avaliação de mudanças proprioceptivas<sup>11,15,16</sup>.

Muitos estudos descreveram os possíveis défices motores e sensoriais em indivíduos com lesão do LCA<sup>1,4,7,8,10</sup>. Porém, são escassos os estudos que examinam mudanças no controle postural em plataforma de força analisando variações do CP em indivíduos com lesão do LCA sem reconstrução. Isso pode contribuir para a falta de entendimento do *deficit* do controle postural nos indivíduos nesse caso, quando pareados a um grupo controle com características similares. A identificação desses possíveis défices do controle postural pode prover novas informações para a prática clínica durante a reabilitação dos pacientes. Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar a influência da lesão do LCA em possíveis défices no controle postural de indivíduos com lesão do LCA sem reconstrução.

## METODOLOGIA

O grupo lesado (GL) foi composto por 15 indivíduos (sendo 14 homens) de 18 a 33 (23,3±4,6) anos de idade com lesão unilateral do LCA, confirmada por exames de ressonância magnética, sem reconstrução, e com tempo de lesão de 2 a 36 meses (em média, 20,7±9,7). Sete indivíduos apresentavam lesão no joelho

D e oito no joelho E; 12 tinham como esporte de primeira escolha o futebol, um o handebol e dois não praticavam esporte. A dominância de membro inferior foi determinada pela preferência na perna para realizar o movimento de chute<sup>17,18</sup>. Todos os participantes apresentavam dominância do membro direito. Os critérios de inclusão foram: lesão isolada do LCA sem lesão de ligamento cruzado posterior, colateral lateral e/ou colateral medial do joelho; tempo de lesão até 36 meses; amplitude completa de movimento do joelho; e sem dor e/ou edema no joelho. E os critérios de exclusão foram: história de lesão ou cirurgia no sistema osteomioarticular do quadril e/ou tornozelo; história de doença neurológica, cardiovascular, metabólica, reumática e/ou do sistema vestibular; lesão e/ou cirurgia no sistema osteomioarticular no joelho contralateral. O grupo controle (GC) foi composto por 15 indivíduos similares em idade, sexo, peso, estatura e dominância aos do GL.

**Tabela 1** Idade, peso, altura (média ± desvio padrão) dos integrantes dos grupos controle (GC) e lesado (GL) e tempo (T) de lesão do GL

Dados	GL (n=15)	GC (n=15)
Idade (anos)	23,3±4,6	21,9±1,9
Peso (kg)	71,1±11,2	73,5±11,5
Altura (m)	1,73±0,08	1,72±0,08
T de lesão (meses)	20,7±9,7	-

Todos os participantes foram recrutados no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da Unesp e os participantes foram informados e assinaram o termo de consentimento.

Os indivíduos foram instruídos a se posicionarem sobre a plataforma de força (AMTI-OR6-7-1000, Advanced Mechanical Technology, Watertown, MA, USA) trajando *shorts* e camiseta, descalços, com os olhos fechados, mantendo-se em apoio unipodal. Foram instruídos a manter a perna contralateral com uma flexão de joelho de aproximadamente 90°, quadril em posição neutra e braços ao longo do corpo.

## DISCUSSÃO

Os sinais da plataforma de força foram capturados na amostragem de 100 Hz utilizando-se um programa na linguagem Labview. Foram realizadas três tentativas em cada perna, divididas em três blocos randomizados, no total de seis tentativas. Cada tentativa durou 30 segundos, com um intervalo de descanso de 1 minuto.

Os dados da plataforma de força foram analisados utilizando-se o Matlab (v.5.3). O centro de pressão (CP) foi calculado nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML). Os dados do CP foram filtrados pelo filtro digital de quarta ordem Butterworth com uma frequência de corte de 5 Hz. A partir dos dados do CP, foram calculadas a maior oscilação da amplitude nas direções AP e ML e a frequência predominante em cada tentativa. A área de deslocamento do CP foi aproximada por uma elipse cujo eixo principal foi calculado pela análise de componentes principais<sup>19</sup>. Essa análise define a direção do eixo principal como o primeiro autovetor da matriz de covariância dos dados de oscilação dos planos x e y; a variância ao longo desse eixo é correspondente ao maior autovalor<sup>19</sup>.

Uma análise de variância (Anova) foi aplicada para comparar dois grupos (lesado e controle) e duas pernas (lesada e normal para o grupo lesado e, respectivamente, direita e esquerda para o grupo controle). A variável dependente foi a média de deslocamento do CP. A análise estatística foi feita pelo programa SPSS (v.10.0) com  $\alpha$  de 0,05.

## RESULTADOS

Os resultados indicam que a área de deslocamento do CP é maior no GL comparado ao GC [F(1,54)=15,76,  $p<0,01$ ]. No GC, os resultados são similares entre o apoio em joelho direito (JD) e esquerdo (JE). Já no GL a área de deslocamento do CP é maior no apoio no joelho lesado (JL) quando comparado ao joelho não lesado (JNL); a diferença entre os apoios foi significativa [Wilks' Lambda =0,710, F(1,54)=11,43,  $p<0,01$ ]. No entanto, o JNL apresenta valores maiores aos observados para o apoio em JD e JE do GC (Figura 1). Foi encontrada diferença significativa na análise da interação grupo e apoio [Wilks' lambda =0,769, F(1,54)=8,40,  $p<0,01$ ].

Os resultados mostram que indivíduos com lesão do LCA, ao executarem a tarefa de controle postural em apoio unipodal, apresentam maiores áreas de deslocamento do CP, quando comparados a indivíduos do GC, sugerindo *deficit* no controle postural. Esses achados divergem de outros estudos<sup>3,17</sup> nos quais não se encontraram diferenças significativas no controle postural de indivíduos com lesão do LCA, mas que utilizaram situações experimentais diferentes. Outros estudos<sup>9,20</sup>, que se assemelham melhor à situação experimental do presente estudo, reportam diferenças significativas no controle postural de pacientes com instabilidade crônica decorrente da ruptura do LCA, demonstrando a importância da informação sensorial proveniente dos mecanorreceptores presentes nesse ligamento. A lesão do LCA tem pois diversas complicações e as disparidades dos resultados observadas podem decorrer das diferentes restrições inerentes à tarefa e às características de cada grupo de indivíduos.

Neste estudo foi possível analisar uma variável específica, a área de deslocamento, em um grupo sem reconstrução do LCA, do qual se exigiu a execução de tarefa que estimula a resposta motora mais complexa. O apoio unipodal causa um aumento significativo na oscilação

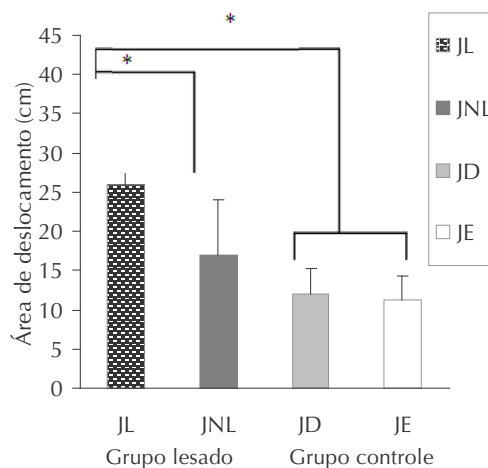
postural quando comparado ao bipodal. No apoio unipodal a base de suporte é menor e todo o peso corporal é transmitido a uma só perna, sendo necessária uma contração ativa mais eficaz de determinados grupos musculares para responder a mudanças do centro de massa<sup>21</sup>.

Há evidências na literatura de que indivíduos com maior excursão do CP apresentam prejuízo no controle postural<sup>10,14</sup>. Neste estudo, alterações no controle postural, indicadas pela área de deslocamento do CP, foram observadas na comparação do JNL do GL com os apoios nos dois joelhos do GC, apesar de o JLN, por definição, estar intacto. Uma explicação possível seria que esse membro pode estar sobrecarregado para compensar a falta de estabilidade de restritores estáticos e dinâmicos, levando a um pior desempenho quando comparado ao grupo controle<sup>22</sup>. Outra explicação pode estar relacionada a mecanismos de controle motor. A informação sensorial na perna lesada é reduzida devido à lesão do LCA, com conseqüente perda de mecanorreceptores e deficiência por parte do sistema neuromotor no controle de dois membros em diferentes posições articulares. Essa piora no desempenho do membro não-lesado do indivíduo lesado, comparado aos membros de indivíduos sem lesões, também foi observada em outras populações<sup>23,24</sup>.

Estudos futuros são necessários para a ampliação desses achados. Novas situações experimentais, e mesmo adição de informações sensoriais, podem auxiliar na busca de outras evidências para guiar a prática clínica.

## CONCLUSÃO

Indivíduos com lesão do LCA apresentaram, na situação experimental proposta no estudo, significativos défices no controle postural em ambos os membros. Além de restritor mecânico da articulação do joelho, o LCA pode ser considerado um importante componente sensório-motor do controle postural. Esses resultados apontam para a importância de uma adequada abordagem desses indivíduos na prática clínica, enfocando a avaliação de ambos os membros e buscando formas para suprir a restrição sensorial decorrente da lesão do LCA.



**Gráfico 1** Área de deslocamento (média e desvio padrão) do centro de pressão (CP), nos joelhos lesado (JL) e não lesado (JNL) do grupo lesado e nos joelhos direito (JD) e esquerdo (JE) do grupo controle; \* = significância estatística

## Referências

---

- 1 Ageberg E. Consequences of a ligament injury on neuromuscular function and relevance to rehabilitation: using the anterior cruciate ligament-injured knee as model. *J Electromyogr Kinesiol.* 2002;12(3):205-12.
- 2 Bonfim TR, Bevilaqua-Grossi D, Paccola CAJ, Barela JA. Additional sensory information reduces body sway of individuals with anterior cruciate ligament injury. *Neurosci Lett.* 2008;441:257-60.
- 3 Mckeon P, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: Can deficits be detected with instrumented testing. *J Athl Train.* 2008;43(3):293-304.
- 4 Burdet C, Rougier P. Analysis of center-of-pressure data during unipedal and bipedal standing using fractional Brownian Motion Modeling. *J Appl Biomech.* 2007;23(1):63-9.
- 5 Hewett TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;(402):76-94.
- 6 Ozenci AM, Inanmaz E, Ozcanli H, Soyuncu Y, Samanci N, Dagseven T, et al. Proprioceptive comparison of allograft and autograft anterior cruciate ligament reconstructions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(12):1432-7.
- 7 Birmingham TB, Kramer JF, Kirkley A, Inglis JT, Spaulding SJ, Vandervoort AA. Knee bracing after ACL reconstruction: effects on postural control and proprioception. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(8):1253-8.
- 8 Gobbi A, Francisco R. Factors affecting return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring graft: a prospective clinical investigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(10):1021-8.
- 9 Henriksson M, Ledin T, Good L. Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation. *Am J Sports Med.* 2001;29(3):359-66.
- 10 Bonfim TR, Jansen Paccola CAJ, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(8):1217-23.
- 11 Reider B, Arcand MA, Diehl LH, Mroczek K, Abulencia A, Stroud CC, et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2003;19(1):2-12.
- 12 Ihara H, Takayama M, Fukumoto T. Postural control capability of ACL-deficient knee after sudden tilting. *Gait Posture.* 2008;28(3):478-82.
- 13 Lafond D, Duarte M, Prince F. Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. *J Biomech.* 2004;37(9):1421-6.
- 14 Van Grinsven S, van Cingel RE, Holla CJ, van Loon CJ. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(8):1128-44.
- 15 Callaghan MJ, Selfe J, Bagley PJ, Oldham JA. The effects of patellar tapping on knee joint proprioception. *J Athl Training.* 2002;37:19-24.
- 16 Hughes G, Watkins J. A risk-factor model for anterior cruciate ligament injury. *Sports Med.* 2006;36(5):411-28.
- 17 Clagg SE, Warnock A, Thomas JS. Kinetic analyses of maximal effort soccer kicks in female collegiate athletes. *Sports Biomech.* 2009;8(2):141-53.
- 18 Negrete RJ, Schick EA, Cooper JP. Lower-limb dominance as a possible etiologic factor in noncontact anterior cruciate ligament tear. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):270-3.
- 19 Oliveira LF, Simpson DM, Nadal J. Calculation of area of stabilometric signals using principal component analysis. *Physiol Meas.* 1996;17(4):305-12.
- 20 Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *J Athl Train.* 2002;37(2):129-32.
- 21 Zouita Ben Moussa A, Zouita S, Dziri C, Ben Salah FZ. Single-leg assessment of postural stability and knee functional outcome two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Ann Phys Rehabil Med.* 2009;52(6):475-84.
- 22 Brunetti O, Filippi GM, Lorenzini M, Liti A, Panichi R, Roscini M, et al. Improvement of posture stability by vibratory stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(11):1180-7.
- 23 Evans T, Hertel J, Sebastianelli W. Bilateral deficits in postural control following lateral ankle sprain. *Foot Ankle Int.* 2004;25(11):833-9.
- 24 Goldstein J, Bosco 3rd JA. The ACL-deficient knee: natural history and treatment options. *Bull NYU Hosp Joint Dis.* 2001-2002;60(3-4):173-8.