



Artigo Original

Déficit proprioceptivo em indivíduos com ruptura unilateral do ligamento cruzado anterior após a avaliação ativa do senso de posição articular[☆]



Victor Cossich^a, Frédéric Mallrich^{a,b}, Victor Titonelli^a, Eduardo Branco de Sousa^a, Bruna Velasques^{a,b,c,d,*} e José Inácio Salles^{a,e}

^a Laboratório de Pesquisa Neuromuscular, Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (Into), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^b Departamento de Biociências, Escola de Educação Física e Desportos (EEFD), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^c Laboratório de Neurofisiologia e Neuropsicologia da Atenção, Instituto de Psiquiatria, Universidade Federal do Rio de Janeiro (Ipub/UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^d Instituto de Neurociências Aplicadas (INA), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^e Confederação Brasileira de Voleibol (CBV), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 12 de junho de 2013

Aceito em 30 de julho de 2013

On-line em 27 de junho de 2014

Palavras-chave:

LCA

Sistema somatossensorial

Joelho

R E S U M O

Objetivo: Verificar se o déficit proprioceptivo no SPA permanece quando pacientes com um membro LCA deficiente são avaliados por meio do teste de reprodução ativa da posição articular, em comparação com o membro contralateral.

Métodos: Participaram do estudo 20 pacientes com ruptura unilateral do LCA. Foi feito o teste de reprodução ativa da posição articular no membro LCA deficiente e contralateral saudável. Foram usadas as posições meta de 20% e 50% da amplitude articular máxima. O desempenho proprioceptivo foi determinado por meio dos valores de erro absoluto (EA), erro variável (EV) e erro constante (EC).

Resultados: Diferenças significativas foram encontradas para o EA em ambas as posições avaliadas e para o EC em 50% AAM.

Conclusão: O déficit proprioceptivo quando avaliado pelo EA permanece mesmo quando a avaliação do senso de posição articular é ativa e, conseqüentemente, envolve a atividade de receptores intramusculares e tendíneos.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

[☆] Trabalho desenvolvido no Laboratório de Pesquisa Neuromuscular, Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (Into), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: bruna.velasques@yahoo.com.br (B. Velasques).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2013.07.009>

0102-3616/© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Proprioceptive deficit in individuals with unilateral tearing of the anterior cruciate ligament after active evaluation of the sense of joint position

A B S T R A C T

Keywords:

Anterior cruciate ligament
Somatosensory system
Knee

Objective: To ascertain whether the proprioceptive deficit in the sense of joint position continues to be present when patients with a limb presenting a deficient anterior cruciate ligament (ACL) are assessed by testing their active reproduction of joint position, in comparison with the contralateral limb.

Methods: Twenty patients with unilateral ACL tearing participated in the study. Their active reproduction of joint position in the limb with the deficient ACL and in the healthy contralateral limb was tested. Meta-positions of 20% and 50% of the maximum joint range of motion were used. Proprioceptive performance was determined through the values of the absolute error, variable error and constant error.

Results: Significant differences in absolute error were found at both of the positions evaluated, and in constant error at 50% of the maximum joint range of motion.

Conclusion: When evaluated in terms of absolute error, the proprioceptive deficit continues to be present even when an active evaluation of the sense of joint position is made. Consequently, this sense involves activity of both intramuscular and tendon receptors.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

A cinemática apropriada do joelho depende da estabilidade mecânica da articulação exercida por componentes estáticos e dinâmicos.^{1,2} Os ligamentos fornecem estabilização estática e sua principal função é permitir a cinemática articular normal e prevenir movimentos anormais e rotações que possam danificar as superfícies articulares,² enquanto que a estabilização dinâmica é dada pela atividade contrátil muscular coordenada, modulada pelo sistema neuromuscular.^{3,4} Essa última necessita de informações proprioceptivas da cinestesia e posição articular⁵⁻⁷ e da força desenvolvida pelos músculos.⁸⁻¹⁰

Essas informações são obtidas por meio da aquisição de sinais aferentes dos mecanorreceptores periféricos, encontrados nos músculos, tendões, ligamentos, nas cápsulas articulares e na pele.¹¹ Mecanorreceptores também foram identificados no ligamento cruzado anterior (LCA)¹² e acredita-se que contribuam para a propriocepção do joelho.^{13,14} Dessa maneira, a ruptura do LCA levaria à instabilidade articular não apenas pelo comprometimento da restrição mecânica, mas também por perturbar a propriocepção^{14,15} e diminuir a capacidade dos músculos que atuam no joelho de responder adequadamente às cargas aplicadas.^{15,16}

Déficits proprioceptivos foram observados em pacientes com ruptura do LCA e associados com a redução da capacidade funcional.^{7,17} Tais déficits foram identificados para o limiar de detecção do movimento passivo (LPMP) e para o senso de posição articular (SPA) quando comparados a indivíduos normais^{18,19} e com o membro contralateral saudável.^{19,20} As avaliações do LPMP e de SPA passivo têm sido adotadas preferencialmente nos estudos.^{18,21,22} Essa prática se baseia no pressuposto de que as baixas velocidades angulares usadas estimulariam especificamente os receptores das estruturas cápsulo-ligamentares, sem a estimulação dos receptores

intramusculares e tendíneos. Nesses procedimentos, a atividade muscular voluntária dos indivíduos não é envolvida. Contudo, em condições normais do movimento humano, a atividade muscular voluntária está sempre presente.

Poucas evidências demonstraram que déficits proprioceptivos, da maneira como são avaliados, afetariam adversamente os pacientes com LCA insuficientes ou reconstruídos cirurgicamente.²² Assim, procedimentos que envolvam a ação muscular voluntária e, conseqüentemente, a estimulação dos receptores músculo-tendíneos devem receber maior atenção em avaliações proprioceptivas. A avaliação do SPA com posicionamento e reprodução ativas pode ser uma opção de verificação da capacidade proprioceptiva de maneira mais funcional. Dessa forma, o presente estudo objetivou verificar se o déficit proprioceptivo no SPA permanece quando pacientes com um membro LCA deficiente são avaliados por meio de um teste de reprodução ativa da posição articular, em comparação com o membro contralateral saudável.

Materiais e métodos

Sujeitos

Participaram do estudo 20 pacientes (12 homens e oito mulheres, idade $30,6 \pm 4,5$ anos; peso $72,3 \pm 14,2$ kg; estatura $169,2 \pm 8,9$ cm) com ruptura unilateral do LCA. Foram selecionados aleatoriamente a partir da lista de espera para reconstrução cirúrgica do LCA. Os critérios de inclusão foram: 1) idade entre 20 e 40 anos; 2) ausência de lesão do LCA ou qualquer outra estrutura do joelho contralateral; 3) não ter sido submetido a cirurgia no membro com ruptura do LCA; 4) não ter sinais de degeneração articular (caracterizado por crepitação articular em qualquer um dos compartimentos do joelho). Os critérios de exclusão foram: 1) lesão condral diagnosticada no exame de ressonância magnética e 2) sinais

Tabela 1 – Exames clínicos

Lachman e gaveta anterior				
	–	+ /+++	++ /+++	+++ /+++
Lachman	5	13	2	0
Gaveta anterior	0	7	13	0
McMurray e Pivot				
	–	+		
Bocejo	1	19		
Pivot	12	8		

de osteoartrose na radiografia do joelho. Todos os pacientes foram avaliados clinicamente pelo mesmo ortopedista (tabela 1). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local e os sujeitos foram informados dos objetivos e procedimentos por meio do termo de consentimento livre e esclarecido, conforme a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Avaliação do senso de posição articular

Instrumento: Foi usado um dinamômetro isocinético (CSMI, Humac Norm) em todos os procedimentos.

Posicionamento: Os sujeitos foram posicionados sentados, com o côndilo lateral do fêmur alinhado ao eixo de rotação do aparelho e o tornozelo fixado a haste do acessório de avaliação do joelho por uma tira de velcro (fig. 1). Cuidado foi tomado para posicionar a fossa poplíteia afastada do limite do acento para, assim, permitir o completo movimento



Figura 1 – Sujeito posicionado no dinamômetro isocinético para a execução do teste de reprodução da posição articular (senso de posição).

articular e minimizar as estimulações cutâneas dessa região. A precisão usada nas mensurações angulares foi de 1°.

Amplitude articular máxima: A AAM do movimento de flexo-extensão foi determinada com a mensuração da amplitude entre a extensão máxima (0°) e a flexão máxima do joelho.

Teste de reprodução da posição articular: Os indivíduos tiveram de vivenciar e posteriormente reproduzir posições articulares, ambos com movimentos voluntários. Os comandos para execução da tarefa foram fornecidos verbalmente pelo avaliador e o sentido do movimento foi de flexão para extensão. Foram usadas duas posições metas para ser vivenciadas, 20% e 50% da AAM (0% = extensão máxima). Ambos os membros foram avaliados e a escolha da ordem foi aleatória. Durante todo o procedimento os pacientes tiveram os olhos vendados. Variações de $\pm 5^\circ$ em torno da posição meta foram permitidas. Quando o sujeito violou essa margem, a tentativa foi descartada. Foram feitas cinco tentativas para cada posição meta (10 no total).

Determinação do erro individual e cálculo da acuidade proprioceptiva

O valor de erro individual para cada tentativa feita foi determinado pela diferença entre a posição reproduzida e a posição vivenciada. O desempenho proprioceptivo foi determinado por meio dos valores de erro absoluto (EA), erro variável (EV) e erro constante (EC). Schmidt e Lee²³ descreveram em detalhes os cálculos de cada variável. Brevemente, o EA é obtido pela média aritmética dos erros individuais em módulo e determina a acurácia do indivíduo de reproduzir a posição; o EV é o desvio padrão dos erros individuais e determina a consistência nas reproduções feitas; e o EC é a média aritmética dos erros individuais com os sinais e determina a tendência de reproduzir a posição acima ou abaixo da meta (viés ou bias).

Análise estatística

Foi usada estatística descritiva (média \pm DP) para descrição dos dados. As variáveis dependentes foram os EA, EV e EC. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Comparações foram feitas entre o membro LCA e o contralateral (controle). Os valores determinados para 20% e 50% AAM foram comparados com teste t para medidas pareadas. Os cálculos foram feitos no software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) e os gráficos no Sigma Plot (Systat Inc. Chicago, IL, EUA). A significância estatística estabelecida foi de $p \leq 0,05$.

Resultados

Tempo de lesão, causa da lesão e lesões associadas

O tempo médio de lesão até a coleta dos dados era de $3,7 \pm 1,2$ anos. As lesões ocorreram na maioria por entorse em situações do cotidiano (45%), lesões sem contato em futebol recreativo (35%), quedas (15%) e acidente automobilístico (5%). Foram verificadas lesões associadas de 14 pacientes, 13 no menisco medial e apenas uma no lateral.

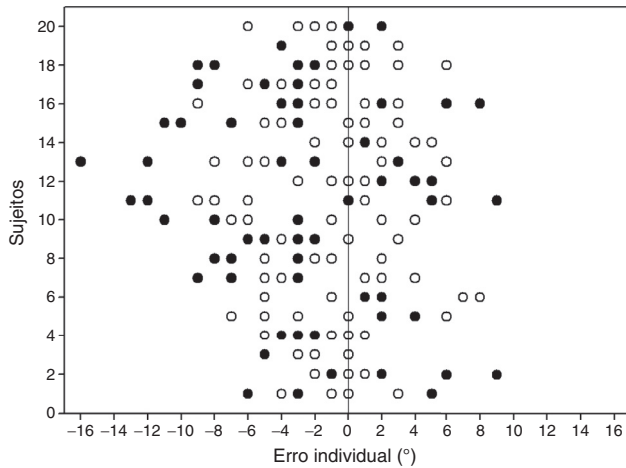


Figura 2 – Distribuição dos erros individuais no teste de reprodução da posição articular: 20% AAM. Círculos pretos são referentes ao membro LCA e os brancos ao membro controle. A linha contínua representa graficamente a posição meta.

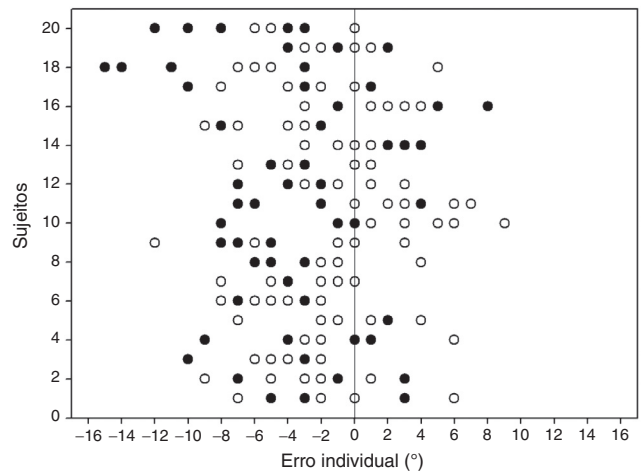


Figura 3 – Distribuição dos erros individuais no teste de reprodução da posição articular: 50% AAM. Círculos pretos são referentes ao membro LCA e os brancos ao membro controle. A linha contínua representa graficamente a posição meta.

AAM, 20% AAM, 50% AAM e posições vivenciadas

A amplitude articular máxima determinada para o membro LCA foi de $105,3^\circ \pm 11,8^\circ$ e para o controle $111,2^\circ \pm 10,2^\circ$. As posições metas calculadas para o LCA 20% e 50% AAM foram $21,1^\circ \pm 2,4^\circ$ e $52,6^\circ \pm 5,9^\circ$, respectivamente. As posições metas calculadas para o controle 20% e 50% AAM foram $22,2^\circ \pm 2,0^\circ$ e $55,6^\circ \pm 5,1^\circ$, respectivamente. As posições vivenciadas usadas no teste de reprodução articular foram $20,3^\circ \pm 3,8^\circ$ e $50,5^\circ \pm 7,2^\circ$ LCA, enquanto que as posições vivenciadas usadas no teste de reprodução articular foram $21,1^\circ \pm 3,0^\circ$ e $52,4^\circ \pm 5,9^\circ$ no controle.

Erros individuais

Os valores determinados para os erros individuais estão demonstrados graficamente nas [figuras 2 e 3](#).

EA, EV e EC

Os valores determinados para os EA, EV e EC estão listados na [tabela 2](#). O membro com LCA em geral demonstrou valores maiores (piores). Diferenças significativas foram encontradas

Tabela 2 – EA, EV e EC determinados para 20% e 50% AAM (média±DP)

20% AAM			
	EA	EV	EC
LCA	$4,3^\circ \pm 2,0^\circ$ ^a	$3,2^\circ \pm 2,0^\circ$	$-2,2^\circ \pm 3,3^\circ$
Controle	$2,9^\circ \pm 1,3^\circ$	$3,0^\circ \pm 1,4^\circ$	$-0,6^\circ \pm 1,5^\circ$
50% AAM			
	EA	EV	EC
LCA	$4,2^\circ \pm 2,1^\circ$ ^a	$2,8^\circ \pm 1,1^\circ$	$-3,3^\circ \pm 3,1^\circ$ ^a
Controle	$3,5^\circ \pm 1,3^\circ$	$2,8^\circ \pm 1,0^\circ$	$-1,6^\circ \pm 2,8^\circ$

^a Significativamente diferente do membro controle.

para o EA em ambas as posições avaliadas e para o EC em 50% AAM.

Discussão

Os ligamentos têm a função de restringir mecanicamente a amplitude articular e limitar o movimento por meio de um arco estável.^{1,2} Além disso, fornecem informações proprioceptivas^{24,25} e possibilitam a estabilização dinâmica da articulação modulada pelo sistema neuromuscular.^{3,4} Se esse sistema estiver íntegro, possibilita respostas motoras reflexas apropriadas e diminui a possibilidade de ocorrência de movimentos articulares anormais e subluxações.^{2,16,26}

Pacientes com lesão do LCA apresentam déficit proprioceptivo^{18,20} e esse déficit tem sido proposto como responsável pela sensação de falseio e quedas relatadas pelos pacientes com instabilidade anterior do joelho.²⁷ Comente a propriocepção do joelho tem sido avaliada com o uso de testes passivos,^{6,28} nos quais a ação muscular voluntária dos indivíduos não está presente. Os equipamentos geram movimentos passivos com o uso de baixas velocidades angulares (aproximadamente $0,5^\circ/s$) com o intuito de avaliar seletivamente os receptores cápsulo-ligamentares.²⁹ A estimulação dos receptores intramusculares e tendíneos ocorre continuamente durante atividades motoras voluntárias. Sendo assim, é importante verificar se déficits no senso de posição articular continuam presentes ao se usar um método ativo para testar o SPA.

Neste estudo avaliamos o SPA em pacientes com lesão do LCA unilateral com o uso de um dinamômetro isocinético com as medidas ativas em 20% e 50% da amplitude articular máxima. O uso do percentual da AAM, em vez de valores absolutos, foi adotado para tornar a comparação entre os sujeitos relativizada.³⁰ Foram encontradas diferenças significativas em ambas as posições avaliadas para o EA, o que demonstra que o membro LCA deficiente tem menor acurácia na

reprodução da posição articular quando comparado ao membro contralateral saudável. Corroborando os resultados de Lee et al.,¹⁹ Carter et al.,²⁰ ao avaliar o SPA de 50 pacientes com lesão unilateral do LCA com o uso de um dinamômetro isocinético, encontraram um EA significativamente diferente entre os membros lesionados e controle $9,42^\circ \pm 3,14^\circ$ e $7,1^\circ \pm 2,32^\circ$, respectivamente.

Diferenças significativas para o EV não foram identificadas, o que demonstra que os indivíduos apresentaram as mesmas consistências na reprodução da posição articular independentemente da lesão. O EC determinado, tanto para o membro LCA deficiente quanto para o contralateral saudável, tiveram valores negativos (reposicionamento do membro abaixo da posição meta). Esse comportamento também foi identificado por nosso grupo em indivíduos livres de lesões ortopédicas (dados não publicados). Neste presente estudo, apenas o EC de 50% AAM alcançou diferença estatística. Porém, pelos métodos aplicados não é possível obter uma resposta fisiológica para esse comportamento. Os valores de EV e EC não são comumente usados na literatura, o que impede a comparação dos resultados.

Conclusão

O déficit proprioceptivo quando avaliado pelo EA permanece mesmo quando a avaliação do senso de posição articular é ativa e, conseqüentemente, envolve a atividade de receptores intramusculares e tendíneos. Estudos futuros deverão incluir o cálculo dos erros variáveis e erro constante, possibilitar comparações de resultados e, assim, ampliar o conhecimento do comportamento dessas variáveis.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Barrett DS. Proprioception. function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(5):833-7.
- Beynon BD, Johnson RJ, Coughlin KM. In: DeLee JC, Drez D, Miller MD, editors. *Relevant biomechanics of the knee.* Orthopaedic Sports Medicine; 2003. p. 577-1595.
- Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train.* 2002;37(1):71-9.
- Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part II: the role of proprioception in motor control and functional joint stability. *J Athl Train.* 2002;37(1):80-4.
- Salles JI, Cossich VRA, Amaral MV, Monteiro MT, Cagy M, Motta G, et al. Electrophysiological correlates of the Threshold to Detection of Passive Motion: an investigation in professional volleyball athletes with and without atrophy of the infraspinatus muscle. *Bio Med Research International.* 2013.
- Fremerey RW, Lobenhoffer P, Zeichen J, Skutek M, Bosch U, Tscherner H. Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knee with deficiency of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(6):801-6.
- Pap G, Machner A, Nebelung W, Awiscus F. Detailed analysis of proprioception in normal and ACL-deficient knees. *J Bone Joint Surg Br.* 1999;81(5):764-8.
- Héroux ME, Tremblay F. Weight discrimination after anterior cruciate ligament injury: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(7):1362-8.
- Tremblay F, Estephan L, Legendre M, Sulpher S. Influence of local cooling on proprioceptive acuity in the quadriceps. *J Athl Train.* 2001;36(2):119-23.
- Torres R, Vasques J, Duarte JA, Cabri JM. Knee proprioception after exercise-induced muscle damage. *Int J Sports Med.* 2010;31(6):410-5.
- Myers JB, Wassinger CA, Lephart SM. Sensorimotor contribution to shoulder stability: effect of injury and rehabilitation. *Man Ther.* 2006;11(3):197-201.
- Johansson H. Role of knee ligaments in proprioception and regulation of muscle stiffness. *J Electromyogr Kinesiol.* 1991;1(3):158-79.
- Cash RM, Gonzalez MH, Garst J, Barmada R, Stern SH. Proprioception after arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1996:172-8.
- Dhillon MS, Bali K, Vasistha RK. Immunohistological evaluation of proprioceptive potential of the residual stump of injured anterior cruciate ligaments. *Int Orthop.* 2010;34(5):737-41.
- Beynon BD, Ryder SH, Konradsenn L, Johnson RJ, Johnson K, Renstrom PA. The effect of anterior cruciate ligament trauma and bracing on knee proprioception. *Am J Sports Med.* 1999;27(2):150-5.
- Solomonow M, Krogsgaard M. Sensorimotor control of knee stability. A review. *Scand J Med Sci Sports.* 2001;11(2):64-80.
- Arockiaraj J, Korula RJ, Oommen At, Decasahayam S, Wankhar S, Velkumar S, et al. Proprioceptive changes in the contralateral knee joint following anterior cruciate injury. *Bone Joint J.* 2013;95-B(2):188-91.
- Corrigan JP, Cashman WF, Brady MP. Proprioception in the cruciate deficient knee. *J Bone Joint Surg Br.* 1992;74(5):247-50.
- Lee HM, Cheng CK, Liao JJ. Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Knee.* 2009;16(5):387-91.
- Carter ND, Jenkinson TR, Wilson D, Jones DW, Torode AS. Joint position sense and rehabilitation in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Br J Sports Med.* 1997;31(3):209-12.
- 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.
- Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE, Lephart SM, Engebretsen L, Ageberg E, et al. Proprioceptive deficits after ACL injury: are they clinically relevant? *Br J Sports Med.* 2012;46(3):180-92.
- Schmidt R, Lee T. Motor control and learning: a behavioral emphasis. 5th ed. *Human Kinetics;* 2011.
- Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Ryoike K, Kuriwaka M. Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. *Acta Orthop Scand.* 2002;73(3):330-4.
- Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(2):243-7.
- Iwasa J, Ochi M, Uchio Y, Adachi N, Kawasaki K. Decrease in anterior knee laxity by electrical stimulation of normal and reconstructed anterior cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg.* 2006;88(4):477-83.
- Ingersoll D, Grindstaff TL, Pietrosinome BG, Hart JM. Neuromuscular consequences of anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med.* 2008;27(3):383-404.

28. Borsa PA, Lephart SM, Irrgang JJ, Safran MR, Fu FH. The effects of joint position and direction of joint motion on proprioceptive sensibility in anterior cruciate ligament-deficient athletes. *Am J Sports Med.* 1997;25(3):336-40.
29. Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. *J Athl Train.* 2002;37(1):85-98.
30. Janwantanakul P, Magarey ME, Jones MA, Danise BR. Variation in shoulder position sense at mid and extreme range of motion. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(6):840-4.