

## Revisão

# Reeducação neuromuscular e proprioceptiva em pacientes submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior

## *Neuromuscular and proprioceptive reeducation in patients with anterior cruciate ligament reconstruction*

Anderson Delano Santos Araújo\*, José Reynaldo de Carvalho Merlo\*\*, Caroline Moreira\*\*\*

.....

\*Graduado do Curso de Fisioterapia da UCSAL, \*\*Fisioterapeuta responsável pelo serviço de Fisioterapia da Academia Ricardo Mendes – Salvador BA, Pós-graduando em Metodologia do Ensino Superior, \*\*\*Professora e Supervisora de estágio na área de Ortopedia e Traumatologia da UCSAL, Salvador BA

### Palavras-chave:

Ligamento cruzado anterior, propriocepção, reeducação, neuromuscular.

### Key-words:

Anterior cruciate ligament, proprioception, reeducation, neuromuscular.

### Resumo

Este trabalho consta de uma revisão bibliográfica sobre programas de reeducação neuromuscular e proprioceptiva para atletas profissionais com lesão do ligamento cruzado anterior. Foram investigados várias técnicas e exercícios que serão expostos correlacionando os seus respectivos objetivos e o resultado final. Os exercícios descritos visam proporcionar ao atleta um retorno às atividades esportivas de alto nível com um eficiente controle neuromuscular, uma eficiente estabilidade articular além de agilidade, habilidade e confiança para tal desempenho. Obteve-se com isso um melhor entendimento sobre os *inputs* sensoriais provocados pelas técnicas e exercícios assim como os seus objetivos proporcionando uma melhor qualidade de tratamento e retorno das atividades por parte do atleta.

### Abstract

This work is a literature review of proprioceptive and neuromuscular reeducation programs for professional athletes with anterior cruciate ligament (ACL) injuries. Various techniques and exercises were investigated and will be exposed correlating aims and final results. The objective of the exercises described is to adapt the athlete to a high level sport activity with an efficient neuromuscular control, effective joint stability besides the agility, skill and confidence. A better perception, about the sensorial inputs stimulated by the techniques and exercises as will as their purposes, providing the athletes a higher quality of treatment and a faster return to the sport practice, was achieved.

---

Artigo recebido 3 de abril de 2003; aceito em 15 de maio de 2003.

Endereço para correspondência: Anderson Delano Santos Araújo, Rua Manoel Barreto, 688, ap. 301, Graça 40150-360 Salvador, Bahia, Tel: (71) 9915-4889, E-mail: andersonara18@botmail.com

---

## Introdução

O Ligamento Cruzado Anterior (LCA) assim como o Ligamento Cruzado Posterior (LCP) localiza-se central e internamente na cápsula articular, porém, fora da cavidade sinovial. Trata-se de um ligamento composto de dois feixes: um ântero-medial e um póstero-lateral. Estes não são isométricos, sendo que durante a flexão o feixe ântero-medial tensiona-se e o feixe póstero-lateral relaxa e durante a extensão este processo inverte-se [4,10,11]. Possuem uma constituição fascicular e uma inserção tibial ampla possibilitando um contínuo controle em toda a amplitude de movimento, fato este que não é reproduzido pelos métodos atuais de reconstrução do ligamento [10].

Com a ruptura do LCA o joelho fica desprovido da atuação dos mecanorreceptores existentes neste ligamento [1,2,6], do arco reflexo existente entre o LCA e a musculatura flexora do joelho [1,2,3], além da ausência funcional dessa estrutura que é responsável por aproximadamente 85% da restrição da translação tibial anterior [4,5]. Logo, acredita-se que o atleta profissional, em decorrência, do alto nível de solicitação desta articulação, deve ser submetido à reconstrução cirúrgica para restaurar o componente macroscópico de estabilização articular, para então, executar um programa de reeducação neuromuscular e proprioceptiva visando o retorno às atividades esportivas.

Apesar da lesão do LCA e da perda de informações aferentes, existem nas demais estruturas do joelho inúmeras outras fontes de informações proprioceptivas que, com treinamento específico de coordenação neuromuscular, podem suprir a demanda de reação muscular necessária para o controle dinâmico da articulação [4,5,8,10,12]. O treinamento muscular simples não aumenta a sua velocidade de reação, porém, o controle muscular dinâmico tem a capacidade de diminuir o tempo de resposta de reação do mesmo e quanto menor for esse tempo, menor serão as agressões sobre as estruturas ósseas, musculares, meniscais e ligamentares do joelho.[8] Baseado no que foi descrito acima, objetivamos mostrar correlações entre alguns exercícios de reeducação neuromuscular e proprioceptiva, com seus respectivos objetivos e resultados para proporcionar ao atleta de alto nível retornar com segurança às suas atividades [1,3,6,8,9,13].

## Metodologia

Foi realizada uma pesquisa de revisão bibliográfica tendo como fonte a Medline e o Lilacs. A pesquisa deu-se com as seguintes palavras-chaves: ACL, Reeducação, Propriocepção, Neuromuscular, LCA, Reeducação, Propriocepção e Neuromuscular.

Foram encontrados vinte e três artigos sendo seis em língua portuguesa e dezessete em língua inglesa. Destes vinte e três : doze abordavam a reeducação proprioceptiva e

**Foto 1** - Descarga de peso com apoios bi e unipodal com joelho em extensão completa.



**Foto 2** - Atleta na tábua e no disco com apoio bipodal (variando da extensão total até a flexão de 30°).



neuromuscular, sete abordando as estruturas nervosas incluídas na propriocepção, um abordando análise da marcha em indivíduos com LCA lesionado, um mostrando uma escala funcional do joelho e dois mostrando protocolos de reabilitação.

Alem disso foi utilizado sete livros e uma tese de mestrado, todos abordando o mesmo tema. A pesquisa utilizou o período de 1992 a 2002.

## Discussão

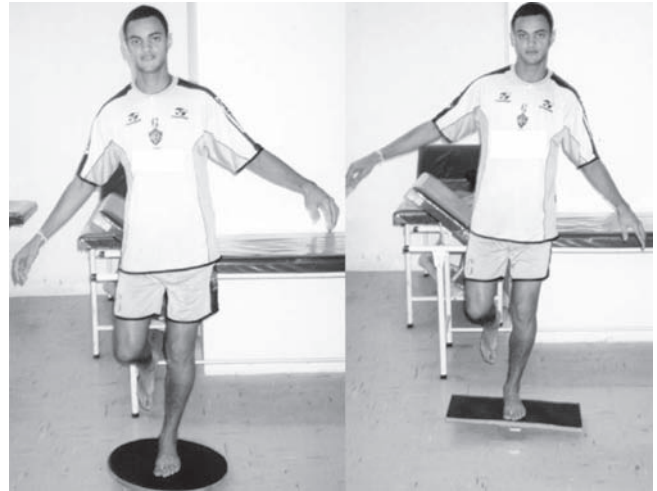
A propriocepção é dividida em 3 componentes: a consciência estática da posição, a consciência cinestésica que detecta o movimento e a sua aceleração e a atividade aferente em circuito fechado para obter o reflexo de resposta e controle da contração muscular [1,6]. Estas aferências são oriundas de receptores existentes na própria articulação, nos músculos e na pele [7]. Baseado nas respostas de neurônios que inervam estruturas dentro e ao redor do membro aceita-se também que quando a articulação encontra-se no meio da sua ADM, a propriocepção é mediada por ativação dos neurônios aferentes, vindos dos músculos que atuam do outro lado (antagonistas) da articulação. O fator chave em proteção articular é ter um influxo aferente (sensorial) no momento que a articulação se torna instável [1,9].

À medida que programas de treinamento neuromuscular vêm tornando-se parte integrante dos programas de reabilitação, acredita-se que para o atleta deve-se também oferecer atenção especial a este treinamento, visando evitar perda de trofismo e diminuir o tempo de resposta muscular que o mesmo necessita para sua atividade esportiva [1,3,8], aliado à definição de Risberg [21] de que treinamento neuromuscular é aquele que eleva as respostas motoras inconscientes pela estimulação dos sinais aferentes e mecanismos centrais responsáveis pelo controle articular dinâmico.

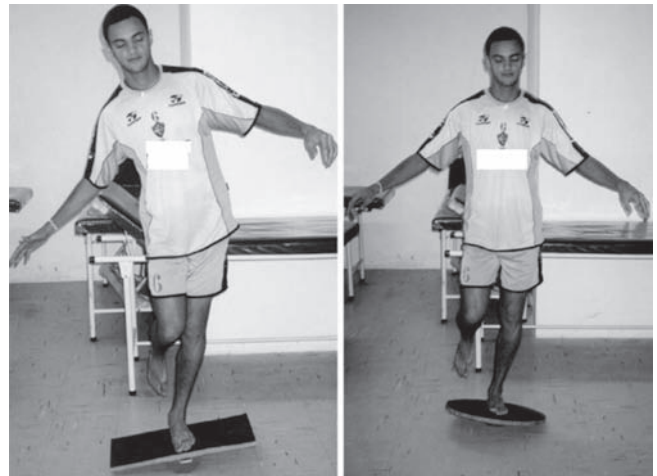
Clarete, Chatrenet, Kulczycki e Canavan [1,8,9,10], compartilham da opinião que a recuperação da Amplitude de Movimento (ADM) deve ser a primeira preocupação do fisioterapeuta na reabilitação do joelho lesionado. Logo, a descarga precoce de peso no Pós-Operatório, sendo o início da reeducação proprioceptiva, oferece aferência quanto à sensação de posicionamento do membro que deve ser realizada (Foto 1), haja vista que já existem estudos que comprovam não existir translação tibial anterior com joelho em extensão total [5]. Por ser em Cadeia Cinética Fechada (CCF) vai existir co-contracção do quadríceps e da musculatura flexora do joelho [1,8], além das aferências oferecidas por esta sensação de posicionamento indicadas por Stillmann [14] e Chatrenet [8] que indicam a descarga de peso no pós-operatório confrontando desta forma com a opinião de Clarete [1], que somente inicia a reeducação proprioceptiva e neuromuscular quatro semanas após a reconstrução.

Com a progressão do tratamento, iniciam-se os exercícios com treino de equilíbrio e desequilíbrio provocado (Fotos: 2,3,4). Gerulli *et al.* [3] definem treino proprioceptivo como uma série de exercícios ou situações que extrairão uma

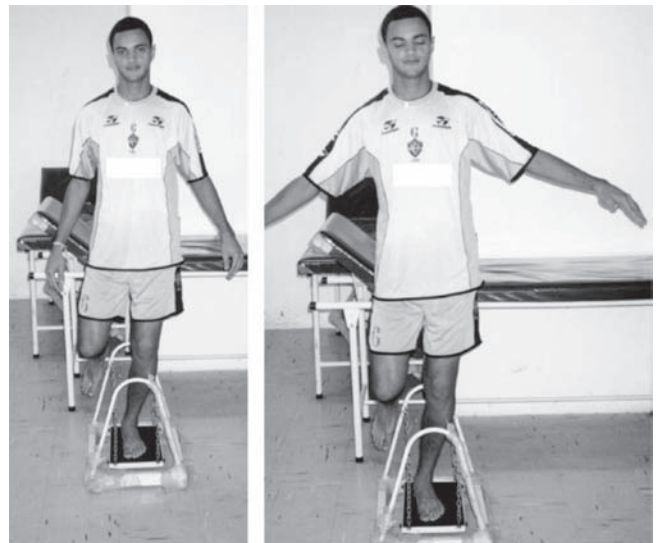
**Foto 3** - Atleta em apoio unipodal sobre a tábua e o disco (variando da extensão total até flexão de 30°).



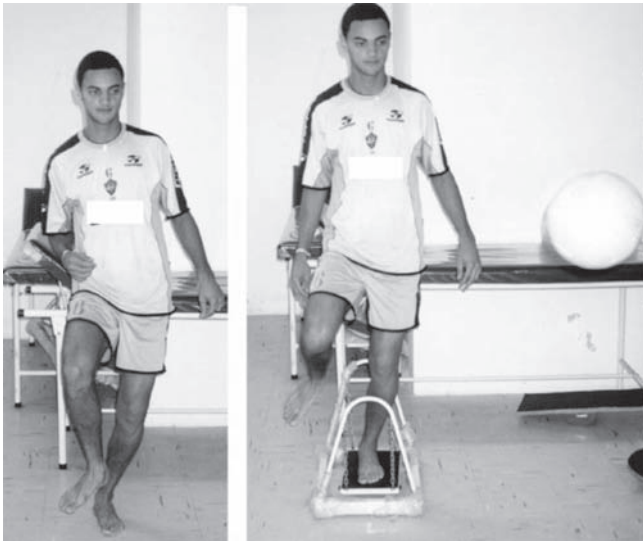
**Foto 4** - Atleta em apoio unipodal sobre a tábua e o disco (sem aferência visual, com joelho variando da extensão completa até a flexão de 30°).



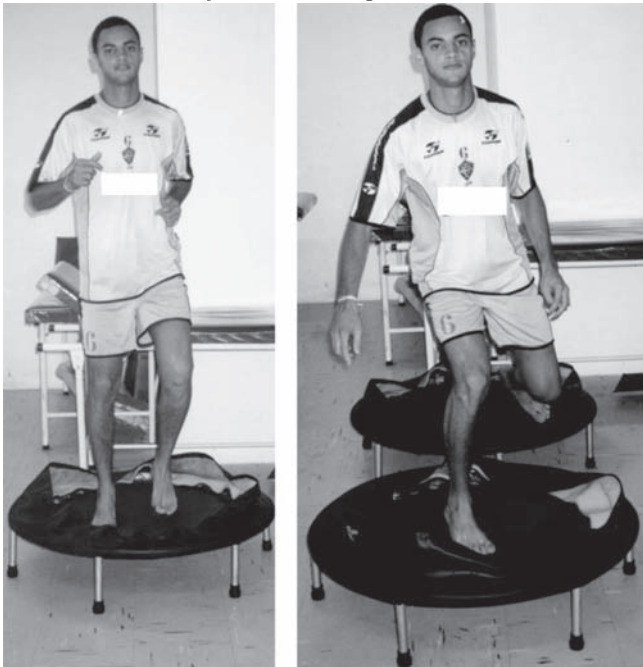
**Foto 5** - Atleta em apoio unipodal no balancim (com e sem aferência visual com joelho indo da extensão total até flexão de 30°).



**Foto 6 -** Atleta em apoio unipodal no solo e no bancim executando devolução de bola (com joelho variando da extensão total até flexão de 30°).



**Foto 7 -** Atleta realizando trabalhos de pliometria na cama elástica.



resposta do sistema nervoso para neutralizar o estímulo externo. Estes, em consenso com a opinião de Risberg e col[21], afirmam ainda que os exercícios devem ser progressivos e incluir situações controladas pelo atleta e as que trocam informações baseadas em fatores intrínsecos. Gerulli *et al.* [3] iniciam seu treinamento (definido como patamar 1) com treino de balanço na tábua horizontal por dois minutos e meio em quatro dias por semana por três semanas, acreditando que os exercícios proprioceptivos podem diminuir o reflexo do tempo de latência da contração dos flexores de joelho.

Como vários autores [1,2,7,10] já demonstraram a existência de mecanorreceptores e terminações nervosas livres na maioria das partes do joelho, tem-se uma base para sustentar o sistema de feedback proprioceptivo que permitirá trocas adaptativas durante o treinamento. Ainda segundo Gerulli *et al.* [3], as respostas corretas possuem duas evidências: a primeira, via feedback periférico dos receptores sensoriais e a segunda, através do pré-planejamento do SNC. Acredita-se que o treinamento pode alterar a resposta neuromuscular para perturbações inesperadas.

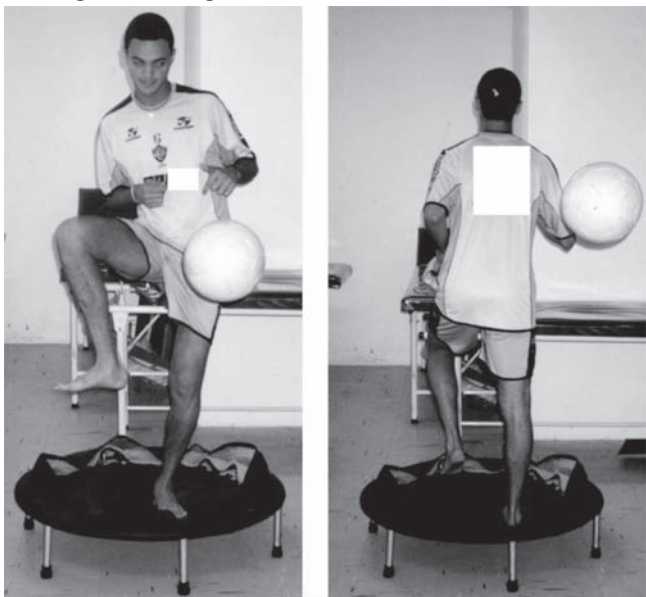
Kelley *et al.* [15] realizaram trabalhos semelhantes com atletas que não realizaram reconstrução do ligamento. Eles estabeleceram dois programas distintos: o programa padrão com exercício resistidos para quadríceps e flexores de joelho, endurance cardiovascular, treino de habilidade e agilidade além de treino de habilidade específica do esporte. No outro programa foram acrescentados treinos de perturbação antero-posterior e látero-medial sobre plataforma de força motorizada Balance Máster sobre tábua inclinada, perturbações multi direcionais com indivíduos em pé, com um membro em cima de prancha rolante e o outro em uma plataforma estacionária, depois um só membro na prancha rolante. Eles [15] mostram estudos que afirmam que após a ruptura do LCA aumenta-se o nível de função com alteração muscular que aumenta a estabilidade do joelho.

Chatrenet *et al.* [8] afirmam, em consenso com outros autores [1,2,3,9,13,18,20] que o desenvolvimento do potencial neuromuscular deve ser adaptado à técnica terapêutica escolhida e ao objetivo motor do paciente, e que deve ser considerada precocemente para obter-se uma qualidade muscular indispensável ao alto nível de atividade do paciente atleta. A capacidade de ativar as unidades motoras está intimamente relacionada com a força e a resistência no ato motor [4,10,12]. E o chamado perfil neurológico de recrutamento [8] é a capacidade de mobilizar mais ou menos rapidamente as unidades motoras durante o esforço máximo e é variável de indivíduo para indivíduo.

Autores também concordam [1,2,3,4,8,10,13,20] que o trabalho muscular excêntrico recruta menos unidades motoras para uma mesma potência de exercício ou mesmo esforço e que a angulação de zero a 30° de extensão é onde ocorre o maior estresse sobre o ligamento ou o enxerto (fotos: 8,9,10,11,12).

Vários “inputs” sensoriais oriundos dos receptores visuais vestibulares e somatosensoriais contribuem para a manutenção da postura [12,15,16,17] e o córtex cerebral é mais exigido quando se aprende uma nova postura do que quando se realiza uma habilidade já treinada [16]. O controle cerebelar organiza excitação e inibição muscular em ordem espacial e temporal que são executadas como um complexo programa motor para manter o equilíbrio [12,17]. Já a visão provê a importante informação “feedback” sobre a oscilação do corpo e informações complementares são supridas por outros sistemas receptores, além de contribuir também para

**Foto 8 -** Atleta realizando trabalhos de pliometria na cama elástica de frente devolvendo a bola ou de costas, ouvindo o comando de voz do Fisioterapeuta e virando para o lado indicado e devolvendo a bola.



o controle postural, pois fornece informações que conduzem ao ajustamento antecipatório da atividade motora [16,20] (fotos: 10,11,12).

Tjernström *et al.* [16] afirmam que a amplitude das oscilações corporais espontâneas aumentam aproximadamente 50% quando de olhos fechados comparando-se quando da utilização da visão, afirmando ainda que o controle postural, usa correções motoras menos rápidas se o “input” visual está disponível (foto: 7 versus 4,5,6). Esta afirmação reforça a escolha por exercícios sem o “input” visual, haja vista, que o mesmo autor indica que o controle postural precisa ser suficientemente desafiado por estimulação ou desequilíbrios posturais para induzir adaptação pelo aprendizado ativo. Reforçado pela opinião de Risberg [21], que afirma ser o feedback sensorial desafiado pela exclusão da visão, aumentando a estimulação do sistema vestibular através da mudança da base de suporte e usando alterações como as devoluções de bola ou a mudanças inesperadas de direção de movimento (fotos: 4,5,6,7,8), aliada também às opiniões de Clarete [1,18], Fremerey [6] e Cohen [17] que sugerem que os centros sensoriais corticais encontram-se preparados para extrapolar as experiências prévias. Estes baseiam-se em informações sensoriais que chegam, e que os limites de percepção do senso de posição não são determinados por limites anatômicos do movimento articular, afirmando também que este senso é muito lábil e adapta-se prontamente aos diferentes estímulos sensoriais.

A detecção de um membro depende de vários fatores como: o movimento particular da articulação a velocidade deste e o estado contrátil dos músculos que controlam a articulação [12,17] (fotos: 9,10,11,12,13) e com o aumento

da velocidade do movimento imposto à articulação aumenta-se também a detecção de movimento [17]. Cohen [17] informa ainda que as forças geradas pelos músculos são originadas pelas descargas aferentes periféricas dos órgãos tendinosos de Golgi que sinalizam a força intramuscular e como consequência informa ao SNC sobre as forças musculares, além das informações que derivam de um correlato neural interno ou de uma cópia do comando motor enviado ao conjunto de neurônios motores das medula espinhal. Tem-se na pliometria, que é definida como “rápido e poderoso movimento envolvendo pré-estiramento do músculo e ativação do ciclo estiramento-encurtamento para produzir uma subsequente contração concêntrica mais forte” [21], um aliado que promove um trabalho de qualificação muscular eficiente à medida que permite a realização de contrações concêntricas imediatamente após contrações excêntricas [8,20] (fotos: 7 e 8), modalidade esta utilizada por Clarete [1,18], Dionízio [2], Gerulli [3], Kulczycki [9] e Lloyd [20] Risberg [21].

Lloyd [20], que por 3 anos realizou estudos com 600 atletas de futebol australiano através de treinos de estabilização e balanço visando prevenir lesões do LCA, informa ter obtido uma diminuição significativa das lesões do referido ligamento, afirmando ainda que treinos de estabilização (fotos: 1,3), treinos de balanço (fotos: 4,5,6,7,8) e os treinos pliométricos (fotos: 10,11,12,13) irão produzir uma redução do tempo de ativação voluntária e do tempo de pico de força, que por sua vez irão diminuir o tempo de resposta muscular dos atletas que se tornaram mais hábeis para um desempenho rápido e inesperado nos movimentos utilizados no esporte.

## Conclusão

A observação dos resultados funcionais dos exercícios e técnicas de reeducação neuromuscular e proprioceptiva sugere que os mesmos são de importância fundamental, devendo ser parte integrante e obrigatória dos programas de reabilitação para atletas com lesão do LCA. Acredita-se ainda na necessidade de maiores investigações sobre a eficácia dos mesmos visando uma maior confirmação científica.

## Referências

1. Clarete TE, Márcio J. Reeducação proprioceptiva nas lesões do ligamento anterior do joelho. *Revista Brasileira de Ortopedia* 1994;29(5).
2. Dionízio VC, Pini GA. Reabilitação na lesão do ligamento cruzado anterior: Uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 1996;1(2):51-60.
3. Gerulli G, Benoit D, Caraffa A, Ponteggia F. Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001;31(11): 655-660

4. Hamill J, Knutzen K. Membros Inferiores. In: Bases biomecânicas do movimento humano. 1ª ed. São Paulo: Manole; 1999. p. 227-246.
5. Norkin C. As articulações estrutura e função. Uma abordagem prática e abrangente. 2ª ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2001.p. 332-372.
6. Fremerey RW et al. Proprioception after rehabilitation and reconstrution in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joints Surg* 2000; 82(6).
7. Grigg Hoffmann AH. Properties of Ruffini afferents revealed by stress analysis of isolated of cat knee capsule. *J Neurophysiol* 1982;47:41-54.
8. Chatrenet Y, Kerkour K. Fisioterapia das lesões ligamentares do joelho no atleta. São Paulo: Manole; 2002.
9. Kulczycki M, Fluchs R. Protocolo de reabilitação fisioterápico no pós-operatório de lesão do ligamento cruzado anterior. *Fisioterapia em Movimento* 1997;9(2).
10. Canavan PK. O joelho. Aspectos médicos das lesões no joelho em atletas. In: Reabilitação em medicina esportiva. 2001.
11. Kapandji I. O joelho. In: *Fisiologia Articular: esquemas comentados da mecânica humana*. 5ª ed. São Paulo: Manole; 1990.
12. Smith LR, Kehukuhl LD, Weiss EC. *Cinesiologia clínica de Brunstrom*. 5ª ed. São Paulo: Manole; 1992.
13. Lloyd DG. Rationale for training programs to reduce anterior cruciate ligament injuries in Auutralian Football. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001;31(11):645-654.
14. Stillman BC, Mcmeeken JM. The role of weightbearing in the clinical assessment of knee joint position sense. *Australian Journal of Physiotherapy* 2001(47):247-253.
15. Kelley GF, Axe MJ, Mackler LS. The efficacy of pertubation training in nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation programs for physically active individuals. *Physical Therapy* 2000;80(2).
16. Tjernström F, Fransson PA, Hafstrom A, Magnusson M. Adaptation of postural control to perturbations - A process that initiates long-term motor memory. *Gait Posture* 2002;15:75-82.
17. Cohem H. *Neurociência para fisioterapeutas*. 2ª ed. São Paulo: Manole, 2001.
18. Clarete T. Teste de avaliação e método de reeducação proprioceptivos após reconstrução de ligamento cruzado anterior do joelho com terço central do tendão patelar. [Tese]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina Universidade Federal de São Paulo; 1997.
19. Grigg P. Properties of sensorial neurons innervating sinovial joints. *Cells Tissues Organs* 2001;169(3):218-225.
20. Lloyd DG. Rationale for training programs to reduce anterior cruciate ligament injuries in Australian Football. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001;31(11):645-654.
21. Risberg MA, Mork M, Jenssen HK, Holm I. Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001, 31(11):620-631.
22. Barret DS. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J. Bone Joint Surg Br* 1991;73:833-837.
23. Lysholm J, Gilloust J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 1982;10(3).
24. Lewer M, Rudolph K, Axe M, Snyder-Mackler L. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Biomechanics* 2002;17:56-63
25. Maitland ME, Ajemian SV, Suter E. Quadriceps femoris and hamstring muscle function in a person with an usnstable knee. *Physical Therapy* 1999;79(1).
26. Hopper DM. Test-retest reability of knee rating scales and functional hop test one year following anterior cruciate ligament reconstruction. *Physical Therapy in Sports* 2002;3:10-18.
27. Bartlett MJ, Warren PJ. Effect of warning up on knee proprioception before sporting activity. *Br J Sports Med* 2002;36:132-134.
28. Beynnon BD, Good L, Risberg MA. The effect of bracing on proprioception of knees with anterior cruciate ligament injuries. *J Orthop Sports Phys Ther* 2002;32(11):11-15.
29. Mota YL, Amadio AC, Hernandez AJ, Duarte M. Análise biomecânica da locomoção de indivíduos com e sem lesão no ligamento cruzado anterior - Um estudo de caso. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 2002;6(1):9-16.
30. Francisco EB, Garbelotti Junior SA. Avaliação experimental e subjetiva da propriocepção em indivíduos pós-lesão de ligamento cruzado anterior submetidos ou não a procedimento de reconstrução ligamentar. *Fisioterapia Brasil* 2002;3(1). ■