

Técnicas de avaliação proprioceptiva do ligamento cruzado anterior do joelho

Techniques of proprioceptive evaluation of the anterior cruciate knee ligament

Angélica Castilho Alonso¹, Guilherme Carlos Brech², Julia Maria D'Andréa Greve³

RESUMO

O joelho apresenta pouca estabilidade, em virtude de sua forma anatômica, ao mesmo tempo em que possui grande flexibilidade, e por essas razões, sua função depende das estruturas musculares e ligamentares. Uma lesão na articulação pode causar alterações nas informações sensoriais mantidas pelos mecanorreceptores. Com o aumento do interesse por atividades esportivas, bem como a vulnerabilidade e complexidade anatômica do joelho justificam um aumento crescente do número de pacientes com lesões ligamentares, principalmente do ligamento cruzado anterior (LCA). Entretanto qual é a melhor forma de avaliar a propriocepção do joelho? Objetivo: Desta forma este estudo teve como objetivo identificar as técnicas de avaliação proprioceptivas do LCA do joelho, e se existe a melhor técnica. Métodos: Foi realizada uma revisão de literatura, tendo como critérios de inclusão os estudos publicados em revistas científicas indexadas, que se referiam a instrumentos de avaliação e/ou mensuração da propriocepção do joelho. Discussão: De acordo

com a literatura revisada, existem diferentes técnicas de avaliação da propriocepção do LCA, dentre elas: estudos morfológicos anatômicos; avaliação neurofisiológica; e avaliação clínica que é dividida em três subtipos: a) sentido da posição estática; b) cinestesia; e c) equilíbrio postural. Ainda que a propriocepção seja importante no resultado final de um tratamento que envolva uma lesão ligamentar, sua avaliação ainda é uma dificuldade. Conclusão: O método ideal deve ter alta sensibilidade e especificidade, além de boa reprodutibilidade e precisão. Porém não houve consenso na literatura referente à melhor técnica e os resultados são contraditórios, apesar da avaliação do equilíbrio ser uma técnica moderna e utilizada nos grandes centros de pesquisa, não é possível isolar o sistema proprioceptivo dos outros sistemas: visual e vestibular.

Palavras-chave: Propriocepção, Equilíbrio Postural, Ligamento Cruzado Anterior, Avaliação

ABSTRACT

The knee shows little stability because of its anatomical shape, and at the same time it has great flexibility, and for these reasons its function depends on muscular and ligamentous structures. A joint injury can cause changes in sensory information maintained by mechanoreceptors. The increasing interest in sports activities, combined with the knee's anatomical vulnerability and complexity, justifies the increasing number of patients with ligament injuries, especially the anterior cruciate ligament (ACL). What then would be the best way to evaluate the knee proprioception? The objective of this study was to identify the techniques of proprioceptive evaluation of the anterior cruciate knee ligament (ACL), and to determine whether a better technique is available. The method was to review the literature, including only those studies published in indexed scientific journals that referred to evaluation tools and/or knee proprioception measurement. The discussion of the different methods of evaluating ACL proprioception, according to the literature, included:

morphological anatomical studies; neurophysiologic evaluation, and clinical evaluation which was divided into three types: a) sense of static position; b) kinesthetic posture; and c) postural balance. Although proprioception is important to the final results of a treatment involving ligament injury, its evaluation is still a problem. The conclusion was that the ideal method should have high sensitivity and specificity, in addition to good reproducibility and accuracy. There is lack of consensus in literature regarding the best evaluation technique and the results are also contradictory, despite the balance evaluation being a modern technique used in major research centers, it was not possible to isolate the proprioceptive system from other systems: visual and vestibular.

Keywords: Proprioception, Postural Balance, Anterior Cruciate Ligament, Evaluation

¹ Fisioterapeuta, Doutoranda em Ciências pelo Departamento de Fisiopatologia Experimental - Pesquisadora do Laboratório do Estudo do Movimento (LEM - IOT/HC-FMUSP)
² Fisioterapeuta, Doutorando em Ciências pelo Departamento de Ortopedia e Traumatologia - Pesquisador do Laboratório do Estudo do Movimento (LEM - IOT/HC-FMUSP)
³ Médica Fisiatra, Professora Associada da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; Diretora do Laboratório do Estudo do Movimento (LEM - IOT/HC-FMUSP)
 Doi: 10.11606/issn.2317-0190.v17i3a103374

INTRODUÇÃO

O joelho apresenta pouca estabilidade, em virtude de sua forma anatômica, ao mesmo tempo em que possui grande flexibilidade, e por essas razões, sua função depende das estruturas musculares e ligamentares.¹ Uma lesão na articulação pode causar alterações diretas ou indiretas na informação sensorial mantida pelos mecanorreceptores. Um trauma direto pode causar lesões ligamentares e capsulares, podendo romper fibras nervosas menos resistentes e diminuir a propriocepção.²⁻³

Segundo Voight & Blackburn,⁴ Tookuni et al,⁵ Alonso et al⁶ existem diferentes maneiras de estudar e mensurar o controle neuromuscular do joelho.

1ª - Estudos morfológicos anatômicos: identificam os mecanorreceptores nas estruturas articulares específicas.

2ª - Avaliação neurofisiológica: avaliam limiares sensitivos, velocidade de condução nervosa e tempo de resposta do músculo aos estímulos.

3ª - Avaliação clínica: avaliam as respostas dos componentes musculares, articulares e neurológicos aos estímulos. Dentro da perspectiva clínica a propriocepção pode ser avaliada pela medição dos componentes que constituem o mecanismo proprioceptivo estes são divididos em três subtipos:

a) Sentido da posição estática o que significa percepção consciente da orientação de diversas partes do corpo em relação às outras avaliadas por meio do senso de posicionamento (aférente) avalia a habilidade do indivíduo em produzir um ângulo pré-determinado da amplitude do movimento articular;

b) Sentido da velocidade do movimento, também chamado de cinestesia ou propriocepção dinâmica, que avalia a percepção do movimento articular ou o grau de deslocamento angular;

c) Equilíbrio postural (eferente): avalia a capacidade de manter o equilíbrio através de estímulos de desequilíbrio.

Com o aumento do interesse por atividades esportivas, bem como a vulnerabilidade e complexidade anatômica do joelho justificam um aumento crescente do número de pacientes com lesões ligamentares. Entretanto qual é a melhor forma de avaliar a propriocepção do joelho?

Este artigo relata a pesquisa feita em estudos sobre o tema, com o objetivo de identificar as técnicas de avaliação da propriocepção do ligamento cruzado anterior (LCA) do joelho, e se existe a melhor técnica.

MÉTODOS

Foi realizada uma revisão de literatura, tendo como critérios de inclusão os estudos publicados em revistas científicas indexadas, principalmente nos últimos 30 anos, no período de 1978 a 2010, nos idiomas pré-estabelecidos (inglês e português); que se referiam a instrumentos de avaliação e/ou mensuração da propriocepção do joelho para avaliar resultados de tratamento. Foram excluídos os artigos que descreviam tratamentos de reabilitação do joelho sem a utilização destes instrumentos, bem como, os que não possuíam rigor metodológico que permitisse reprodução do estudo.

Procedimentos

As buscas dos artigos científicos foram feitas, nas bases de dados eletrônicas *Medline*, *Lilacs* e *Pubmed*, com os seguintes descritores de assunto: avaliação, propriocepção, equilíbrio postural, LCA.

Para selecionar as referências pertinentes ao tema pesquisado, inicialmente foram utilizadas as combinações simples desses termos, em inglês ou português, e em seguida, a pesquisa foi refinada de acordo com as opções que cada base de dados oferecia para tal procedimento:

- *Pubmed* – a busca foi refinada com os seguintes limites: “publication date” (data de publicação): 1978 a Maio de 2010; “humans” (humanos); “languages” idioma: inglês.

- *Lilacs* – idioma: português; ano de publicação: 1982 (início da base de dados) a Maio de 2010.

- *Medline* – idioma: inglês; ano de publicação: 1978 a Maio de 2010.

Após a leitura dos resumos dos artigos encontrados, foram selecionados os que cumpriam os critérios de inclusão e por serem identificados como relevantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Desenvolvimento

Estudos morfológicos anatômicos

O primeiro estudo foi realizado por Freeman & Wyke² em 1967 e se tornou referência, posteriormente outros estudos também demonstraram a existência de mecanorreceptores no LCA de humanos.^{6,7}

O tecido neuronal é de 1% a 2,5% do volume total do LCA e nele são encontrados quatro tipos de terminações nervosas: Tipo I-Terminações de Ruffini; Tipo-II Corpúsculos de Paccini; Tipo-III Órgão Tendinoso de Golgi e Tipo-IV- Terminações Nervosas livres. Todas elas com diferentes propriedades

relativas ao limiar de estímulo mecânico, produção de sinais aferentes, período de adaptação e parada do estímulo.⁸⁻¹¹

Denti et al¹² estudaram os mecanorreceptores presentes na porção residual do LCA rompido, retirados de 20 pacientes, nas fases: aguda (cinco dias), subaguda (seis meses) e crônica (após 12 meses), e demonstraram que, até três meses após a lesão, ainda existem mecanorreceptores na porção residual. Após este período, ocorreu um decréscimo progressivo e com nove meses poucas terminações nervosas foram encontradas.

No estudo histológico de animais no qual fizeram reconstrução do LCA com enxerto do tendão patelar e enxerto artificial foram encontrados mecanorreceptores nos enxertos com o tendão patelar após três meses, nos enxertos artificiais os mecanorreceptores estiveram sempre ausentes independente do tempo entre a cirurgia e a biópsia.¹²

No estudo de indivíduos que sofreram lesões, após dez anos da cirurgia, foram achados mecanorreceptores nos enxertos; porém, estes foram considerados não funcionais.¹²

Avaliação neurofisiológica

O potencial evocado somato-sensitivo para medir a atividade elétrica aferente do LCA normal. Durante o procedimento artroscópico, o LCA foi estimulado eletricamente através de eletrodos colocados estrategicamente para observar a resposta ao estímulo, e a resposta cortical foi monitorada através de eletrodos inseridos subcutaneamente na cabeça. Em todos os indivíduos, a estimulação elétrica do LCA produziu potenciais corticocerebrais mensuráveis mostrando evidências diretas da função proprioceptiva do LCA.¹³

Beard et al¹⁴ avaliaram indivíduos com lesão de LCA com menos de 18 meses e compararam com um grupo controle e com o membro contralateral. O deslocamento ântero-posterior da tíbia foi avaliado com o artrômetro KT 1000 e a latência dos músculos isquiotibiais foi mensurada através do potencial evocado somato-sensitivo. Nos pacientes com lesão de LCA, houve aumento do tempo de latência do reflexo de contração dos isquiotibiais, ou seja, não reagiram ao deslocamento na mesma velocidade que o lado contralateral e o grupo controle. A instabilidade funcional do joelho foi relacionada diretamente com o aumento do tempo de latência do reflexo de contração dos isquiotibiais.

Estudos com cachorros adultos foram realizados para determinar se o enxerto do ligamento patelar apresenta evidências de reinervação, quando usado para reconstrução

do LCA. O ligamento nativo foi retirado e reconstruído com o enxerto do tendão patelar. O potencial evocado somato-sensitivo foi realizado imediatamente após a cirurgia e nos meses subsequentes. Após seis meses de pós-operatório, o potencial evocado retornou em dois casos. Os resultados demonstraram que, em alguns casos, o enxerto do tendão patelar apresentou evidências de reinervação quando usados para reconstrução do LCA.¹⁵

Ochi et al¹⁶ examinaram se os potenciais evocados somato-sensitivos são detectáveis com a estimulação elétrica direta em joelhos com LCA lesado, reconstruído e normal. Os pacientes foram divididos em três grupos: grupo do LCA lesado, grupo do LCA reconstruído após 18 meses de cirurgia e grupo com LCA normal. Antes do procedimento artroscópico, os indivíduos se submeteram ao teste de deslocamento antero-posterior da tibia através do artrômetro KT1000 e o senso de posicionamento. O LCA foi estimulado eletricamente usando um eletrodo bipolar inserido na porção residual no grupo com lesão e na porção média do LCA normal e do enxertado. Somente 46% dos indivíduos com lesão responderam ao estímulo, nos outros dois grupos houve uma resposta de 100% ao estímulo. No teste de instabilidade do joelho e senso de posicionamento, o grupo com lesão do LCA apresentou valores superiores aos outros dois grupos que não apresentaram diferenças entre si. Os resultados revelaram que existe reinervação sensorial após a reconstrução do LCA, e que há uma melhora da limitação mecânica e na função do joelho.

Avaliação Clínica

Avaliação do senso de posicionamento

Senso de posicionamento é avaliado documentando a habilidade do indivíduo produzir um pré-determinado ângulo da amplitude de movimento articular.

Basicamente este teste é realizado de duas formas: ativa e passivamente; o examinador posiciona o membro a ser testado, num ângulo alvo pré-determinado, segura nesta posição por alguns segundos, para dar tempo do paciente de processar mentalmente o ângulo alvo. Em seguida retorna uma inicial de posição, e pede ao paciente que reproduza ativamente o ângulo alvo. O teste passivo segue o mesmo posicionamento do teste ativo, porém o examinador coloca o membro em vários ângulos, relata ao paciente em que ângulo esta sua articulação, dá um tempo necessário para que haja o processamento mental, volta a posição inicial, e em seguida inicia o teste, coloca passivamente a articulação num determinado

ângulo e pede ao paciente que relate em que ângulo esta sua articulação.^{17,18}

Carter et al¹⁹ avaliaram indivíduos com lesão de LCA através do senso de posicionamento e compararam com o membro contralateral. Os resultados demonstraram que o membro lesado apresenta deficiência proprioceptiva significativa.

Pesquisadores estudaram os efeitos da ruptura do LCA na fase aguda (média de seis semanas) através do senso e posicionamento e compararam com o membro contralateral normal. Os resultados demonstraram que não houve diferença entre o membro lesado e o contralateral.²⁰

Em outro estudo indivíduos com lesão de LCA foram comparados com o membro contralateral e um grupo controle sem lesão por meio do senso de posicionamento no dinamômetro isocinético. Os resultados não apresentaram diferenças significantes entre os membros e os grupos.²¹

Indivíduos pós-reconstrução do LCA foram avaliados por meio do senso de posicionamento e compararam com o membro contralateral. Os resultados demonstraram deficiência proprioceptiva significativa entre os membros normais e os reconstruídos após dez meses de cirurgia.¹⁷

Iwasa et al¹⁰ com o objetivo de investigar o tempo requerido após a cirurgia da reconstrução do LCA para a recuperação da propriocepção em joelhos de humanos, realizaram um estudo através do senso de posicionamento e compararam os dados entre o pré e o pós-operatório. Deficiências proprioceptivas significantes foram encontradas com três e seis meses após a cirurgia e de nove a 24 meses houve uma melhora significativa, sendo que com 18 meses alcançou o seu platô.

Um estudo por meio do senso de posicionamento com indivíduos que realizaram a cirurgia de reconstrução do LCA. Os resultados demonstraram que, com três meses após a cirurgia, permaneceu um leve decréscimo da propriocepção comparado com os dados do pré-operatório e com o grupo controle sem lesão; com seis meses após reconstrução, a restauração da propriocepção foi observada próxima ao normal.¹¹

Bonfim et al²² por meio do senso de posicionamento, demonstraram que o grupo que realizou a reconstrução do LCA apresentou decréscimo na percepção da posição do joelho nos ângulos pré-determinados após um ano de cirurgia comparado com o grupo controle e o membro contralateral.

Um estudo comparativo com o objetivo de avaliar o senso de posição do joelho, em indivíduos que foram submetidos a uma reconstrução do LCA e em indivíduos saudáveis. Não

encontraram diferenças entre os grupos, quanto ao senso de posição após 11 meses.²³

Avaliação da cinestesia

Ao contrário do senso de posicionamento que avalia a posição da articulação no espaço, a cinestesia tem sido tradicionalmente avaliada por determinar a percepção do movimento articular. Cinestesia é mensurada determinando o limiar de detecção do movimento passivo. Com o paciente sentado, olhos vendados, produzem-se o movimento passivamente e ele, através de vários mecanismos, ou apertar um botão ou parar o movimento, deve dar sinal que o movimento iniciou, dependendo do tipo de medição utilizado, é anotado o tempo transcorrido até a detecção do movimento ou o grau de deslocamento angular.^{4,23}

Barrack et al²⁴ avaliaram o limiar de detecção passiva do movimento em indivíduos com lesão de LCA e compararam com o lado contralateral e um grupo controle. Os resultados demonstraram diminuição na capacidade de detecção do movimento do membro lesado.

Indivíduos com lesão de LCA foram testados por meio do limiar de detecção passiva do movimento na amplitude de movimento (ADM) de flexão e extensão utilizadas para caminhar. As detecções dos movimentos foram mais sensíveis na extensão que na flexão. O grupo de pacientes com lesão de LCA apresentou uma menor detecção do movimento comparado com o lado contralateral e com o grupo controle.²⁵

Pap et al²⁶ avaliaram o limiar de detecção passiva de início e término do movimento em pacientes com lesões de LCA e compararam com o membro contralateral e um grupo controle. Os resultados demonstraram que não houve diferenças significantes em velocidades angulares baixas; porém, com o aumento da velocidade angular houve uma maior dificuldade em detectar o início e o término do movimento.

O limiar de detecção passiva do movimento em indivíduos com lesão isolada de LCA e com lesões associadas tais como: lesão meniscal, condrais e ligamentos colaterais tratados conservadoramente foram avaliados. Os resultados demonstraram uma menor detecção do movimento pelos pacientes com lesões associadas principalmente às lesões condrais e meniscais.²⁷

Em outro estudo o limiar de detecção passiva do movimento em indivíduos com lesão LCA tratados de modo conservador foram avaliados. Os resultados não demonstraram diferenças significantes quando comparados com um grupo controle e o membro contralateral.²¹

Fridén et al²⁸ avaliaram indivíduos com reconstrução do LCA e compararam com o lado

contralateral e um grupo controle. Os resultados não demonstraram diferenças significantes na capacidade de detecção do movimento entre o membro oposto e o grupo controle.

Indivíduos que realizaram a reconstrução do LCA após 24 meses de cirurgia foram avaliados. O teste de limiar de detecção passiva do movimento foi utilizado associado à eletromiografia de superfície. Os resultados demonstraram que não houve diferenças na capacidade de detecção do movimento entre o membro que sofreu reconstrução do LCA comparado com o grupo controle e o membro contralateral.^{29,30}

Bonfim et al²² demonstraram, através do teste de limiar de detecção passiva do movimento que, após um ano de reconstrução do LCA, o membro ainda apresenta uma diminuição na capacidade de detecção do movimento comparado com o membro contralateral e o grupo controle.

Beynnon et al³⁰ compararam a precisão, reprodução de sete técnicas de senso de posicionamento e uma de cinestesia em indivíduos normais, demonstrando que a cinestesia foi a técnica mais reprodutível e precisa.

Avaliação do Equilíbrio Postural

O controle do equilíbrio postural utiliza processos complexos envolvendo componentes sensoriais e motores. A manutenção do equilíbrio requer detecção sensorial do movimento do corpo, integrando informações sensorio-motora com o SNC, e execução apropriada das respostas musculoesqueléticas. A posição do corpo em relação ao espaço é determinada com a combinação visual, vestibular e somato-sensorial. O movimento de equilíbrio envolve controle e coordenação ao longo das cadeias cinéticas. Todos esses processos são vitais para a produção do movimento.^{4,31-33}

Nos últimos anos, surgiram novas técnicas de avaliação proprioceptiva que utilizam mecanismos neuromusculares que afetam a estabilidade dinâmica da articulação e a estabilidade postural unilateral. Estes mecanismos são responsáveis pelas respostas musculares que mantêm a estabilidade dinâmica da articulação e a estabilidade postural.^{18,30,34,35}

A avaliação funcional somato-sensitivo, visual e vestibular podem ser realizadas por medidas computadorizadas da manutenção da estabilidade postural. Estes sistemas avaliam o controle neuromuscular e quantificam a habilidade do indivíduo em manter a estabilidade postural quase-estática ou dinâmica sobre uma superfície estável e/ou instável.³⁶⁻³⁸

Riemann & Guskiewicz³⁵ utilizaram o termo equilíbrio postural como o estado de

equilíbrio dinâmico das forças e momentos de ação do corpo. Beard & Refshauge³⁹ definiram equilíbrio como a capacidade de: manter uma posição movimentar-se voluntariamente e a reagir a uma perturbação.

Riemann & Guskiewicz³⁵ e Voight & Blackburn⁴ definiram o limite de estabilidade através dos ângulos ântero-posterior e medial-lateral máximos que mantém a projeção vertical do centro de gravidade dentro da base de apoio. Quando o centro de gravidade excede esses limites de estabilidade, o indivíduo cai a menos que ajustes posturais efetivos sejam feitos com o uso dos membros inferiores e do tronco. Cada uma destas estratégias para manter o equilíbrio possui componentes reflexos, automáticos e voluntários que interagem, para fazer com que a resposta seja compatível com a provocação.

A avaliação de pacientes com ruptura completa do LCA com ou sem lesões associadas em indivíduos sem lesão foi realizada com objetivo de investigar os efeitos de dois programas diferentes de tratamento e a função da extremidade inferior após a lesão aguda do LCA. Um grupo que realizou o treinamento neuromuscular com fisioterapeuta semanalmente por um período de seis a oito meses e outro grupo que realizou o treinamento auto-monitorado, cujos pacientes eram orientados a realizar exercícios em sua residência, por um ano. Os pacientes foram avaliados com seis semanas, três, 12 e 36 meses utilizando-se a estabilometria em apoio unipodal e o teste do salto horizontal. Os resultados demonstraram que os dois tipos de tratamento apresentaram alta amplitude de deslocamento no centro de pressão (COP) em ambas os membros. Todos os pacientes usaram movimentos mais amplos de equilíbrio para diminuir a velocidade de deslocamento como um mecanismo adaptativo neuromuscular. Estes achados perduraram após 36 meses de lesão. O desempenho funcional feito pelo salto unipodal foi restaurado no grupo do treinamento neuromuscular supervisionado, e o grupo de treinamento auto-monitorado apresentou menor desempenho.⁴⁰

Com o propósito de avaliar o controle postural nos planos sagital e frontal nos pacientes que realizaram reconstrução do LCA foram avaliados 25 pacientes com 36 meses de pós-operatório e compararam com o membro contralateral e um grupo controle sem lesão. Com o artrômetro KT 1000 avaliou-se o deslocamento ântero-posterior da tíbia. O controle postural foi avaliado com a posturografia dinâmica (*EquiTest Neurocom*[®]). Os autores concluíram que o equilíbrio postural em ambos grupos foram similares, exceto no tempo de reação e latência no plano sagital, onde o grupo

que realizou a reconstrução levou um tempo maior para detectar o movimento. A frouxidão do LCA foi maior no grupo que sofreu reconstrução do LCA comparando-se com o lado contralateral e o grupo controle, porém sem correlação com as variáveis da posturografia.⁴¹

Bonfim et al²² avaliaram dez pacientes que realizaram reconstrução do LCA há mais de um ano e compararam com o membro contralateral e um grupo controle. O objetivo do estudo foi avaliar déficit sensorial e seus efeitos na propriocepção e na função motora. Foram avaliados: 1) senso de posicionamento; 2) cinestesia; 3) latência dos músculos isquiotibiais; e 4) desempenho para manutenção da postura na posição vertical. Os resultados demonstraram que o grupo da reconstrução apresentou: decréscimo na percepção da posição do joelho, alto limiar para detecção passiva do movimento do joelho e longa latência dos músculos bíceps femoral, semitendíneo e semimembrano quando comparados com o grupo controle e o membro contralateral. Na plataforma de força na posição bipodal o equilíbrio postural foi similar para ambos os grupos. Na posição unipodal, os dois grupos aumentaram a média da amplitude do equilíbrio, principalmente no membro operado, com valores maiores do centro de pressão medial/lateral (COP_{ML}) e centro de pressão ântero/posterior (COP_{AP}). Os autores concluíram que os indivíduos que sofreram reconstrução do LCA apresentaram pior desempenho sensorial-motor. Os resultados indicam que o LCA é um importante provedor de informações proprioceptivas e que lesões dos mecanorreceptores conduzem a perdas nas funções motoras.

Tookuni et al⁵ avaliaram o controle postural em pacientes com lesão unilateral do LCA e comparou com o membro contralateral e um grupo controle, com parâmetros do centro de pressão no FSCAN MAT[®]. Os resultados demonstraram que a ruptura do LCA compromete o equilíbrio em ambos os membros, porém, de modo mais evidente no membro lesado.

Alonso⁴² comparou o equilíbrio por meio do deslocamento do centro de gravidade em indivíduos sedentários e atletas de futebol com e sem reconstrução do LCA, e avaliou o desempenho do equipamento e sua aplicabilidade na avaliação e tratamento de pacientes com lesões ligamentares do joelho, utilizando o Biodex Balance Estema[®] (BBS) em dois índices de estabilidade. Os resultados demonstraram o deslocamento do CG quando se avaliam os joelhos: operado (Grupo Atletas Operados) e dos sedentários é menor que o deslocamento dos joelhos sem lesão dos atletas. O deslocamento do centro de gravidade aferido pelo

equipamento BBS não pode ser considerada uma medida fidedigna do equilíbrio postural.

DISCUSSÃO

O papel dos ligamentos, como estrutura que contém órgãos sensoriais, parece ter uma grande importância no desempenho funcional do indivíduo. Prover a informação do “risco”, de desestabilização articular é tão importante quanto a ação mecânica passiva do ligamento.^{5,9,14,15}

Segundo Alonso et al⁴³ o sistema proprioceptivo possibilita que o corpo mantenha tanto a estabilidade estática e como a dinâmica. Este sistema deve estar íntegro prevenir e deve ser reabilitado após lesões, isto porque a presença da lesão provoca decréscimo de excitação do reflexo motor neural que pode resultar em um decréscimo no *input* proprioceptivo para o SNC e/ou um aumento da ativação inibitória dos interneurônios dentro da espinha dorsal. Caso não sejam reestruturados todos estes fatores podem progredir para uma degeneração da articulação e um contínuo déficit na dinâmica articular, equilíbrio e coordenação.

Existem quatro tipos de mecanorreceptores no LCA com diferentes limiares mecânicos, ação aferente, adaptação e repouso.⁹⁻¹¹ Existem mecanorreceptores no enxerto que substituiu o LCA nativo.^{12,15}

A instabilidade causada pela lesão do LCA (gaveta anterior e frouxidão) e as alterações degenerativas (cartilaginosa e meniscais) são provocadas pela cinemática anormal do joelho e pela diminuição da ação dos mecanorreceptores. A cinemática do joelho depende da estabilidade mecânica e controle neuromotor.¹¹

A perda das informações proprioceptivas, em decorrência de lesão de LCA, contribui para o agravamento da instabilidade devido à diminuição da sensação cinestésica e ausência de estímulos para a contração muscular reflexa.^{10,11}

As técnicas de reconstrução têm sido refinadas para conseguir melhor estabilização da articulação, mas mesmo assim a recuperação pós-operatória não é satisfatória. A deficiência funcional do joelho, após a reconstrução do LCA, pode ser causada pela falta de controle neuromotor que pode ocorrer pela substituição do LCA por um enxerto e pela perda dos mecanorreceptores originais.²²

Os critérios para retorno à atividade esportiva são ausência de dor, amplitude articular normal, recuperação da função muscular e da capacidade cardiovascular e restauração do controle neuromotor ou propriocepção.⁶

A falta de técnicas de avaliação precisas que envolvam os múltiplos aspectos da pro-

priocepção, e que consigam quantificar objetivamente a melhora e evolução do paciente com a reabilitação e suas condições para voltar às atividades diárias e esportivas é uma das grandes dificuldades para desenvolver e aprimorar estes programas, pois as avaliações são subjetivas.^{6,43}

A quantificação dos déficits proprioceptivos é importante para avaliar as lesões articulares, para tomar as decisões de tratamento, o tipo de reconstrução cirúrgica e a eficácia da reabilitação.³⁸

A propriocepção não pode ser mensurada, mas sim estudada através de ações motoras: distribuir o peso sobre os membros inferiores, mudar de postura e estabilizar os segmentos corpóreos.⁶

Há evidências histológicas que demonstram a existência de mecanorreceptores no LCA humano^{2,7-11} e no enxerto usado para substituir o LCA nativo.¹²

Os testes neurofisiológicos nos fornecem os limiares sensitivos e a velocidade de condução nervosa,^{13, 14,16} mas não a relação destas com a ação motora estabilizadora.

Os testes clínicos de senso de posicionamento e cinestesia avaliam as respostas musculares, articulares e neurológicas ao estímulo.^{5,10,11,17,19-22,24,25,28,29}

Os resultados da avaliação do senso de posicionamento são contraditórios, Carter et al¹⁹ e Mir et al²³ não demonstraram diferenças entre o lado lesado e o contralateral, já outros estudos demonstram que os membros inferiores se comportam de forma diferente nestes testes funcionais.^{20,21}

Iwasa et al¹⁰ e Fremery et al¹¹ estudaram o senso de posicionamento para avaliar o tempo de recuperação da propriocepção após reconstrução do LCA. No primeiro estudo observou-se deficiência proprioceptiva até o sexto mês, tendo a recuperação ocorrida de nove a 24 meses após a cirurgia, e no segundo estudo, a propriocepção normal foi conseguida no sexto mês.

A cinestesia, caracterizada pela capacidade de detectar um movimento realizado, diminuiu nos joelhos com lesão do LCA, quando comparados com o lado contralateral e aos grupos controles.^{5,21,24-27} Bonfim et al²² demonstraram a diminuição da cinestesia após um ano de cirurgia. Fridén et al²⁸ e Risberg et al²⁹ no entanto, demonstraram que não houve diferenças na capacidade de detecção do movimento comparado com o lado contralateral e o grupo controle.

Concordamos com Beynnon et al³⁰ que comparando a precisão e a reprodução das técnicas de senso de posicionamento com a cinestesia, demonstraram que a cinestesia foi a técnica mais precisa e reprodutível. Os resulta-

dos antagonísticos também colaboram para que se desconfe dos sistemas de medição utilizados, que são indiretos e, portanto falíveis.

As principais críticas a estes tipos de testes são devidas ao LCA humano acomodar a maioria dos receptores próximos às fixações ósseas da tíbia e do fêmur, enquanto poucos receptores estão localizados dentro do tecido conectivo denso do LCA.⁷ Trabalhos demonstram que os limiares de detecção do movimento foram melhores nas posições iniciais e finais da flexão e extensão e piores nas posições médias, levando a crer que os receptores articulares não contribuem para o senso de posição e movimento, pois não são capazes de informar o SNC sobre o ângulo articular no curso total do movimento.^{9,25,28}

As limitações para os testes clínicos citados acima é que nenhum deles proporciona uma avaliação do arco reflexo inconsciente necessário para a estabilidade dinâmica à articulação e não reproduzem uma função empregada nas atividades habituais.⁵

As respostas reflexas eferentes, necessárias para a regulação do tônus e das atividades musculares, que podem ser avaliadas através do equilíbrio, têm sido pouco utilizadas nos indivíduos que sofreram reconstrução do LCA.⁴²

O estudo do equilíbrio dinâmico ao invés do estático é importante para se conhecer o déficit de equilíbrio, instabilidade postural e eficiência das técnicas de reabilitação.⁴³⁻⁴⁵

Os motivos para os pesquisadores avaliarem o equilíbrio são:

Os testes que simulam atividades funcionais e as mensurações do equilíbrio são os meios mais adequados de avaliação da combinação das contribuições periféricas, vestibular e visual para o controle neuromuscular.^{5,43}

1º - As informações sobre o equilíbrio podem ser usadas para planejar exercícios específicos: controle equilíbrio e redução de quedas.^{43,44}

2º - As avaliações das funções e movimentos facilitam as prescrições e melhoram os resultados.^{43,46}

3º - As mudanças sensoriais e motoras em indivíduos com lesão do LCA são bem estudadas, mas as evoluções das mesmas após a reconstrução são pouco descritas, possivelmente pela dificuldade de se fazer uma boa avaliação.²²

Birmingham et al,⁴⁷ Henriksson et al⁴¹ e Bonfim et al²² estudaram propriocepção através do equilíbrio postural após a reconstrução do LCA. Os diferentes resultados encontrados se devem provavelmente à seleção de pacientes e aos diferentes equipamentos utilizados na medida.

Ainda que a propriocepção seja importante no resultado final, sua avaliação ainda é uma

dificuldade. O método ideal deve ter alta sensibilidade e especificidade, além de boa reprodutibilidade e precisão.

Há necessidade de equipamentos que meçam a propriocepção. Alguns centros de estudos desenvolveram métodos próprios e adaptaram equipamentos para realização de testes de aferência periférica pelo senso de posicionamento e cinestesia.

O equilíbrio postural tem sido relacionado com a propriocepção e os sistemas empregados avaliam os mecanismos neuromusculares proprioceptivos da estabilidade articular quase-estática e dinâmica e estabilidade postural unilateral. Estes mecanismos são responsáveis pelo início das respostas musculares que mantêm a estabilidade articular e postural.^{18,30,31,34,35}

Os autores foram unânimes em afirmar que em níveis de maior instabilidade a amplitude do movimento é mais ampla. Estes resultados foram encontrados em todos os trabalhos, pois há necessidade de maiores ajustes posturais para manter o equilíbrio.^{40,42,48}

Nos estudos de Bonfim et al²² e Henriksen et al⁴¹ o membro operado apresentou pior desempenho motor avaliados na plataforma de força e ambos os sexos diferentes dos dados de Ochi et al¹⁶ que usaram o potencial evocado somato-sensorial e o senso de posicionamento, os dados de Henriksson et al,⁴¹ que usaram a avaliação do equilíbrio pelo equipamento *EquiTest Neurocom*¹ que não apresentaram diferenças entre os grupos e de Alonso et al,⁴² que apresentou melhor equilíbrio que o membro contralateral e os grupos controles (sedentários e jogadores de futebol recreacional sem cirurgia) no equipamento *Biodex Balance System*.

A cirurgia continua afetando o desempenho funcional da articulação, mesmo após o período considerado suficiente para a reinervação completa do enxerto.^{10,22,28,29,42,49}

Além das lesões ligamentares e de processos cirúrgicos, o sistema proprioceptivo e de manutenção do equilíbrio podem ser comprometidos por fatores antropométricos, como o envelhecimento biológico, uso de medicamentos, doenças traumato-ortopédicas neurológicas e sistêmicas, falta de condicionamento físico, imobilismo, treinamentos específicos (ex: esportes de alto rendimento), além de fatores intrínsecos como tipo de calçado, palmilhas e de tipos de solos.^{43,31,50}

CONCLUSÃO

Existem diferentes técnicas de avaliação da propriocepção do LCA: estudos morfológicos anatômicos; avaliação neurofisiológica; e ava-

liação clínica que é dividida em três subtipos: a) sentido da posição estática; b) sentido da velocidade do movimento, também chamado de cinestesia ou propriocepção dinâmica; c) equilíbrio postural.

Ainda que a propriocepção seja importante no resultado final, sua avaliação ainda é uma dificuldade. O método ideal deve ter alta sensibilidade e especificidade, além de boa reprodutibilidade e precisão.

Não há consenso em relação à melhor técnica de avaliação da propriocepção. As avaliações clínicas de senso de posicionamento e cinestesia apresentam resultados contraditórios. Apesar da avaliação do equilíbrio ser a técnica a mais moderna e utilizada nos grandes centros de pesquisa, não é possível isolar o sistema proprioceptivo dos outros sistemas: visual e vestibular.

REFERÊNCIAS

1. Strobel M. Joelho procedimentos diagnósticos. São Paulo: Revinter; 2000.
2. Freeman MA, Wyke B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. *J Anat*. 1967;101(Pt 3):505-32.
3. Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, Shoji H, Bose W, Beck C, et al. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med*. 1987;15(3):207-13.
4. Voight M, Blackburn T. Treinamento e testes de propriocepção e equilíbrio após a lesão. In: Ellenbecker TS. Reabilitação dos ligamentos do joelho. São Paulo: Manole; 2002.
5. Tookuni KS, Bolliger Neto R, Pereira CAM, Souza DR, Greve JMA, Ayala AD. Análise comparativa do controle posturas de indivíduos com e sem lesão do ligamento cruzado anterior do joelho. *Acta Ortop Bras*. 2005;13(3):115-9.
6. Alonso AC, Vieira PR, Macedo OG. Avaliação e reeducação proprioceptiva. In: Greve JMD. Tratado de medicina de reabilitação. São Paulo: Roca; 2007. p. 997-1004.
7. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg Am*. 1984;66(7):1072-6.
8. Schutte MJ, Dabiez EJ, Zimny ML, Happel LT. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69(2):243-7.
9. Johansson H, Sjölander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. *Clin Orthop Relat Res*. 1991;(268):161-78.
10. Iwasa J, Ochi M, Adachi N, Tobita M, Katsube K, Uchio Y. Proprioceptive improvement in knees with anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*. 2000;(381):168-76.
11. Fremerey RW, Lobenhoffer P, Zeichen J, Skutek M, Bosch U, Tschern H. Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament: a prospective, longitudinal study. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82(6):801-6.
12. Denti M, Monteleone M, Berardi A, Panni AS. Anterior cruciate ligament mechanoreceptors. Histologic studies on lesions and reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*. 1994 Nov;(308):29-32.
13. Pitman MI, Nainzadeh N, Menche D, Gasalberti R, Song EK. The intraoperative evaluation of the neurosensory function of the anterior cruciate ligament in humans using somatosensory evoked potentials. *Arthroscopy*. 1992;8(4):442-7.
14. Beard DJ, Kyberd PJ, Fergusson CM, Dodd CA. Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. An objective indication of the need for surgery? *J Bone Joint Surg Br*. 1993;75(2):311-5.
15. Barrack RL, Lund PJ, Munn BG, Wink C, Happel L. Evidence of reinnervation of free patellar tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1997;25(2):196-202.
16. Ochi M, Iwasa J, Uchio Y, Adachi N, Sumen Y. The regeneration of sensory neurones in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81(5):902-6.
17. Bonfim TR, Paccola CAJ. Propriocepção após a reconstrução do ligamento cruzado anterior usando ligamento patelar homólogo e autólogo. *Rev Bras Ortop*. 2000; 35(6): 194-201.
18. Perrin DH, Shultz SJ. Models for clinical research involving proprioception ad neuromuscular control. In: Lephart SM, Fu FH. Proprioception and neuromuscular control in joint stability. Champaign: Human Kinetics; 2000. p. 349-62.
19. 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.
20. Good L, Roos H, Gottlieb DJ, Renström PA, Beynnon BD. Joint position sense is not changed after acute disruption of the anterior cruciate ligament. *Acta Orthop Scand*. 1999; 70(2):194-8.
21. Fonseca ST, Ocarino JM, Silva PLP, Lage CA, Guimarães RB, Oliveira MTC. Análise da propriocepção e sua relação com o desempenho funcional de indivíduos com deficiência do ligamento cruzado anterior. *Rev Bras Físio*. 2003;7(3):253-59.
22. Bonfim TR, Jansen Paccola CA, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(8):1217-23.
23. Mir SM, Hadian MR, Talebian S, Nasserri N. Functional assessment of knee joint position sense following anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med*. 2008;42(4):300-3.
24. Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med*. 1989;17(1):1-6.
25. Fridén T, Roberts D, Zätterström R, Lindstrand A, Moritz U. Proprioception in the nearly extended knee. Measurements of position and movement in healthy individuals and in symptomatic anterior cruciate ligament injured patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1996;4(4):217-24.
26. Pap G, Machner A, Nebelung W, Awiszus F. Detailed analysis of proprioception in normal and ACL-deficient knees. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81(5):764-8.
27. Fridén T, Roberts D, Zätterström R, Lindstrand A, Moritz U. Proprioceptive defects after an anterior cruciate ligament rupture - the relation to associated anatomical lesions and subjective knee function. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1999;7(4):226-31.
28. Fridén T, Roberts D, Movin T, Wredmark T. Function after anterior cruciate ligament injuries. Influence of visual control and proprioception. *Acta Orthop Scand*. 1998;69(6):590-4.
29. Risberg MA, Beynnon BD, Peura GD, Uh BS. Proprioception after anterior cruciate ligament reconstruction with and without bracing. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1999;7(5):303-9.
30. Beynnon BD, Renström PA, Konradsen L, Emlqvist LG, Gottlieb D, Dirks M. Validation of techniques to measure knee proprioception. In: Lephart SM, Fu FH. Proprioception and neuromuscular control in joint stability. Champaign: Human Kinetics; 2000. p.127-138.
31. Greve J, Alonso A, Bordini AC, Camanho GL. Correlation between body mass index and postural balance. *Clinics*. 2007;62(6):717-20.
32. Barrack RL, Munn BG. Effects of Knee ligament Injury and reconstruction on Proprioception. In: Lephart SM, Fu FH. Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability. USA: Human Kinetics; 2000. p. 197-212.
33. Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Comparison of the ankle, knee, hip, and trunk corrective action shown during single-leg stance on firm, foam, and multiaxial surfaces. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(1):90-5.

34. Testerman C, Vander Griend R. Evaluation of ankle instability using the Biodex Stability System. *Foot Ankle Int.* 1999;20(5):317-21.
35. Riemann BL, Guskiewicz KM. Contribution of the Peripheral Somatosensory System to balance and Postural. In: Lephart SM, Fu FH. *Proprioception and neuromuscular control in joint stability.* Champaign: Human Kinetics; 2000. p. 37-51.
36. Schmitz R, Arnold B. Intertester and intratester reliability of a dynamic balance protocol using the biodex stability system. *J Sport Rehabil.* 1998;7:95-101.
37. Arnold BL, Schmitz RJ. Examination of balance measures produced by the biodex stability system. *J Athl Train.* 1998;33(4):323-7.
38. Cachupe WJC, Shifflett B, Kahanov L, Wughalter EH. Reliability of Biodex Balance System measures. *Measurement Phys Educ Exerc Sci.* 2001;5:97-108.
39. Beard D, Refshauge K. Effects of ACL reconstruction on proprioception and neuromuscular performance. In: *Proprioception and neuromuscular control in joint stability.* Champaign: Human Kinetics; 2000. p. 213-24.
40. Ageberg E, Zätterström R, Moritz U, Fridén T. Influence of supervised and unsupervised training on postural control after an acute anterior cruciate ligament rupture: a three-year longitudinal prospective study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(11):632-44.
41. 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.
42. Alonso AC, Greve JMD, Camanho GL. Evaluating the center of gravity of dislocations in soccer players with and without reconstruction of the anterior cruciate ligament using a balance platform. *Clinics.* 2009;64(3):163-70.
43. Alonso AC, Luna NMS. Avaliação funcional do movimento-equilíbrio. In: Greve JMD. *Medicina de reabilitação aplicada à ortopedia e traumatologia.* 2 ed. São Paulo: Roca; No prelo 2010.
44. Kejonen P, Kauranen K, Vanharanta H. The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003 Jan;84(1):17-22.
45. Davlin CD. Dynamic balance in high level athletes. *Percept Mot Skills.* 2004;98(3 Pt 2):1171-6.
46. Alonso AC, Greve JMD, Macedo OG, Pereira CAM, Souza PCM. Avaliação isocinética dos inversores e eversores de tornozelo: estudo comparativo entre atletas de futebol e sedentários normais. *Rev Bras Fisioter.* 2003;7(3):195-99.
47. 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.
48. Hinman MR. Factors affecting reliability of the biodex balance system: a summary of four studies. *J Sport Rehab.* 2009; 9(3): 240-52.
49. Ingersoll CD, Grindstaff TL, Pietrosimone BG, Hart JM. Neuromuscular consequences of anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med.* 2008;27(3):383-404
50. Alonso AC, Bronzatto Filho E, Brech GC, Moscoli F. Estudo comparativo do equilíbrio postural entre atletas de judô e indivíduos sedentários. *Rev Bras Biom.* 2008; 9(17): 130-7.