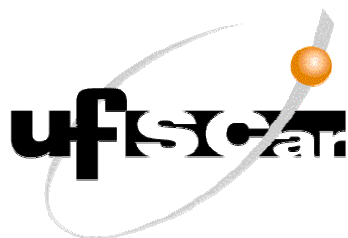


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA



**AVALIAÇÃO SUBJETIVA DA FUNÇÃO DO JOELHO
DA SENSIBILIDADE PROPRIOCEPTIVA ANTES E
APÓS A RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR**

DANIEL FERREIRA MOREIRA LOBATO

SÃO CARLOS

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**AVALIAÇÃO SUBJETIVA DA FUNÇÃO DO JOELHO
DA SENSIBILIDADE PROPRIOCEPTIVA ANTES E
APÓS A RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Discente: Daniel Ferreira Moreira Lobato

Orientador: Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão

Apoio Financeiro: CAPES e CNPq

SÃO CARLOS

2007

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

L796as

Lobato, Daniel Ferreira Moreira.

Avaliação subjetiva da função do joelho da sensibilidade proprioceptiva antes e após a reconstrução do ligamento cruzado anterior / Daniel Ferreira Moreira Lobato. -- São Carlos : UFSCar, 2007.
100 f.

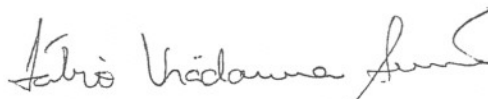
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Fisioterapia. 2. Sistema musculoesquelético. 3. Ligamento cruzado anterior. 4. Propriocepção. 5. Medidas de desempenho funcional. 6. Avaliação isocinética. I. Título.

CDD: 615.82 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE Daniel Ferreira Moreira Lobato, APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 26 DE FEVEREIRO DE 2007.

BANCA EXAMINADORA:



Fábio Viadanna Serrão
UFSCar



Stela Márcia Mattiello G. Rosa
UFSCar



José Ângelo Barela
UNESP

*À Deus,
sempre presente, mesmo
quando Dele nos afastamos.*

*A meus pais, **Benedito e Janira**,
principais responsáveis por aquilo que sou.*

*A minhas irmãs, **Simone e Suzana**,
onde sempre encontrei apoio incondicional.*

*À minha esposa **Beatriz** e a meu filho **Carlos Eduardo**,
tesouros que representam a felicidade de todos os meus dias.*

A vocês, devo tudo... inclusive a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A idéia de utilizar este espaço para realizar alguns agradecimentos parece-me muito oportuna. No entanto, confesso que tal tarefa não é nada simples, pois muitas foram as pessoas que me auxiliaram, de alguma forma, nessa caminhada. Algumas até nem sabem disso... ou se sabem, não imaginam o valor dessa ajuda. Sendo assim, nada mais justo do que eu expressar os meus mais sinceros agradecimentos:

À minha **família** (ascendente e descendente), pela compreensão nos momentos de maior ausência, bem como pelo apoio e incentivo constantes em tudo aquilo o que eu faço e, por muitas vezes, me atentar para outros pontos de vista frente a uma determinada situação. Sem a ajuda de vocês, nada disso seria possível. Espero, um dia, poder retribuir tudo isso a vocês.

À **Universidade Federal de São Carlos** (também chamada de UFSCar e, para os mais íntimos, de **FEDERAL**), na pessoa de seu reitor **Prof. Dr. Oswaldo Baptista Duarte Filho**, por me acolher como um de seus milhares de filhos durante o período de graduação, bem como pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Mestrado em Fisioterapia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**), pela concessão de Bolsa de Estudo durante os últimos dois anos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**CNPq**), pela concessão de Bolsa Estudo de Iniciação Científica, durante o período de graduação, de Apoio Técnico à Pesquisa, logo após esse período; e pelo Auxílio Financeiro concedido em função da aprovação deste Projeto no Edital Universal.

Às **secretárias** do Programa de Pós-graduação em Fisioterapia (**PPG-Ft**) da UFSCar, pela paciência e pelos esclarecimentos e auxílios oferecidos em todos os momentos deste Curso de Mestrado.

Aos **docentes** do Curso de **Fisioterapia**, bem como das disciplinas da **área básica** do referido curso; e do **Programa de Pós-graduação em Fisioterapia** da UFSCar. Cada um de vocês contribuiu, da sua forma, para a minha formação profissional e científica. Levarei daqui importantes lições, tanto pessoais, quanto profissionais; esperando, um dia, poder transmiti-las adiante, assim como vocês incansavelmente fizeram comigo.

Ao **Prof. Dr. Dirceu Costa**, pelo apoio concedido como forma de Bolsa de Apoio Técnico, bem como pelo incentivo à pesquisa, que foram muito importantes para mim, sobretudo naquele momento.

À **Prof.^a Dr.^a Vanessa Monteiro-Pedro**, minha 2^a mãe (ou minha “mãe são-carlense... que agora é piracicabana”), por todos os ensinamentos extensamente realizados, tanto em nível pessoal, quanto profissional e científico. Por me acompanhar lado-a-lado enquanto eu apenas “engatinhava” no mundo da pesquisa, aprendendo ainda as suas primeiras lições. Acima de tudo, por ser você mesma.

Ao **Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão** (que diante de sua jovialidade, posso, no máximo, chamar de “meu irmão mais velho”), por sempre ter apresentado plena confiança em

mim, e por todos os ensinamentos dirigidos, também em nível pessoal, profissional e científico. Pelo exemplo de conduta e pela paciência nos momentos em que as coisas andavam a passos lentos. Espero que sua primeira orientação de Mestrado não tenha lhe decepcionado... e que ela possa levar parte de seu conhecimento adiante.

À **Prof.^a Dr.^a Stela Márcia Mattiello Gonçalves Rosa**, por todos os ensinamentos durante o período de graduação e pós-graduação, bem como por aceitar prontamente participar desta Banca Examinadora, contribuindo com importantes sugestões para a elaboração final do trabalho.

Ao **Prof. Dr. José Ângelo Barela**, também pela prontidão em aceitar participar desta Banca Examinadora, bem como pela preocupação em esclarecer as dúvidas apresentadas neste período, apesar de seus inúmeros compromissos e responsabilidades. Até o momento não foi possível, mas quero futuramente participar de suas disciplinas!

Ao **Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão** e **Prof. Dr. Rubens Correa Araújo**, pela prontidão em aceitar participar desta Banca Examinadora e pelas correções realizadas no material da qualificação.

À **Prof.^a Dr.^a Paula Hentzchel Lobo da Costa**, por sua admirável energia em transmitir conhecimento, pelos ensinamentos realizados neste período, bem como por estar sempre solícita a quaisquer dúvidas apresentadas, apesar de apresentar diversas outras responsabilidades. Descer do patamar e tratar os alunos de “igual para igual”... é algo que poucos docentes conseguem fazer...

Ao **Prof. Dr. Benedito Galvão Benze (Benê)**, pelo auxílio em relação à análise estatística e por todos os ensinamentos oferecidos na época da graduação e da pós-graduação. Não é qualquer pessoa que abre mão de suas férias para ajudar ao próximo. São detalhes como esse que diferenciam as pessoas especiais.

Aos velhos **amigos(as)** de **Taubaté**, minha cidade natal, os quais foram muito importantes em minha vida ao longo desses anos. Muito do que sou também é influência de vocês!

Aos velhos **amigos(as)** do curso de **Fisioterapia** (a nossa **Fisio99**), que também me propiciaram momentos marcantes ao longo de quatro bons anos. Também aos demais amigos (as) de outras turmas (**veteranos** e **calouros**) e cursos, com os quais pude desenvolver um excelente convívio.

Aos **novos amigos(as)** do **PPG-Ft**, duplos colegas de profissão, pela amizade e companheirismo nestes últimos dois anos. Compartilhar conhecimentos com vocês foi, sem dúvida, algo que muito acrescentou a mim. Aproveito o momento para desejar sorte a todos, nesta nova etapa de nossas vidas.

Aos **amigos(as)** do Laboratório de Avaliação e Intervenção em Ortopedia e Traumatologia (**LAIOT**), em sua antiga e nova formação, por me acolherem durante os últimos sete anos, compartilhando dos mais diversos momentos e situações. Sem dúvida, trata-se de um local ímpar (apropriando-me das palavras da Prof.^a Vanessa), onde o aprender e o ensinar fazem parte do cotidiano.

Aos **amigos(as)** e **ex-alunos(as)** da Universidade Aberta da Terceira Idade (**UATI**)-Fundação Educacional São Carlos, pessoas com as quais aprendi inúmeras lições de vida e de respeito à dignidade humana (daquelas que não se encontram nos livros, tampouco nos artigos científicos). A longevidade de vocês me impressiona!

Aos **voluntários** (alguns deles transcendem essa barreira e são, na verdade, grandes amigos) que colaboraram com a realização do presente estudo, cada qual dedicando cerca de um dia inteiro de suas vidas (foram quase 24 horas de avaliação, ao longo de um ano) para ele. Nem sempre é fácil encontrar pessoas tão solícitas.

Por fim, a todas as pessoas que por ventura eu tenha esquecido de mencionar (e que não são menos importantes por isso), e que tiveram fundamental contribuição, direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

*“Todo conhecimento inicia-se na
imaginação, no sonho; só depois
desce à realidade material e
terrena por meio da lógica”*

Albert Einstein

RESUMO

Diversos estudos têm evidenciado o importante papel do ligamento cruzado anterior (LCA) na propriocepção do joelho. No entanto, ainda há poucos estudos que tenham investigado as características da acuidade proprioceptiva no período inicial de reabilitação após a reconstrução cirúrgica do LCA, sobretudo quando associada a aspectos funcionais. Diante do exposto, foi objetivo do presente estudo avaliar a sensibilidade proprioceptiva e a função subjetiva do joelho em indivíduos com lesão do LCA, antes e após (3 meses) a reconstrução cirúrgica pelo terço médio do tendão patelar autógeno; e em indivíduos controle. Dez voluntários com lesão unilateral do LCA (26,9±6,8 anos) – grupo reconstruído - e quinze clinicamente sadios (22,1±3,0 anos) - grupo controle - realizaram uma avaliação proprioceptiva (percepção da posição articular – PPA - durante os movimentos ativo e passivo, limiar de detecção do movimento passivo – LDMP) no dinamômetro isocinético *Biodex Multi-Joint System III Pro*, a 2°/s e em dois ângulos-alvo (30° e 60° de flexão do joelho). As variáveis estudadas foram o deslocamento angular médio (LDMP) e o erro absoluto (PPA) em relação a cada ângulo-alvo. A função subjetiva do joelho foi avaliada por meio da Escala de Lysholm. A análise de variância indicou déficit funcional subjetivo no membro envolvido, comparado ao membro contralateral, bem como em relação ao grupo controle, nos dois períodos de teste ($p<0,01$). Embora não significativo, os resultados indicaram tendência de maior LDMP para o grupo reconstruído ($p=0,06$). Não houve diferença significativa entre os grupos quanto à média de erro absoluto ($p>0,05$), para qualquer uma das modalidades de PPA, ângulos-alvo ou períodos considerados. O LDMP apresentou forte correlação com o escore funcional do joelho (apenas para o membro envolvido). Nas condições experimentais utilizadas, os indivíduos com lesão do LCA não apresentaram déficits proprioceptivos significativos em relação ao grupo controle, apesar das limitações funcionais verificadas subjetivamente.

Palavras-chave: ligamento cruzado anterior, propriocepção, medidas de desempenho funcional, isocinética.

ABSTRACT

Several studies have shown the important role of the anterior cruciate ligament (ACL) in the knee proprioception. However, there are still few studies that had evaluate the characteristics of proprioception acuity in the early period of rehabilitation after the ACL-reconstructed surgery, over all when it was associated to functional outcomes. Thus, the objective of this study was to evaluate knee proprioception and subjective knee function in subjects who had an ACL injury, before and after (3 months) the reconstruction surgery with the middle third of patellar tendon autograft; and in control subjects. Ten volunteers who had unilateral ACL injury (26.9 ± 6.8 years) – reconstructed group - and fifteen health volunteers (22.1 ± 3.0 years) – control group – performed a proprioceptive evaluation (joint position sense - JPS – during active and passive movements, threshold for detection of passive movement – TDPM) on a *Biodex Multi-Joint System III Pro* isokinetic dynamometer, at $2^\circ/s$ and at two target-angles (30° and 60° of knee flexion). The variables analyzed were the mean of angular displacement (TDPM) and the mean of absolute error (JPS) in relation to each target-angle. The subjective knee function was evaluated by Lysholm scale. The analyses of variance showed subjective functional deficit in involved limb, compared to the uninvolved limb, as well as in relation to the control group, in both test moments ($p<0.01$). Although no significant, the results showed a tendency for higher TDPM in the reconstructed group ($p=0.06$). There was no significant difference in the mean of absolute error between the groups ($p>0.05$), for any modality of JPS, target-angles or test moments. The TDPM showed strong correlation with the subjective knee functional score (just in the involved limb). Under the experimental conditions utilized, the subjects who had an anterior cruciate ligament injury didn't show proprioceptive deficits in relation to the control group, although of the subjective functional limitations presented.

Key-words: anterior cruciate ligament, proprioception, functional outcome measures, isokinetics.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Média e desvio-padrão da idade e perfil antropométrico (altura e massa corporal) dos voluntários do grupo controle (GC). $n_{GC}=15$	09
Tabela 2 – Média e desvio-padrão da idade e perfil antropométrico (altura e massa corporal) dos voluntários do grupo reconstruído (GR). $n_{GR}=10$	09
Tabela 3 – Descrição das características de lesão (isolada ou associada) apresentadas pelos voluntários do grupo reconstruído (GR), bem como tempo médio (e desvio-padrão) de lesão, anteriormente à avaliação inicial. M=medial; L=lateral; $n_{GR}=10$.	10
Tabela 4. Média e desvio-padrão das variáveis idade, massa corporal e altura, para os grupos reconstruído (GR) e controle (GC). $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$	37
Tabela 5. Média e desvio-padrão do escore subjetivo do joelho do grupo com lesão do LCA - GR (membros envolvido e não-envolvido) e do grupo controle - GC (membros dominante e não-dominante), nos dois períodos de estudo (avaliação inicial e 3º mês). $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$	38
Tabela 6. Média e desvio-padrão do deslocamento angular verificado no teste do limiar de detecção do movimento passivo (LDMP) dos voluntários do grupo com lesão do LCA - GR (membros envolvido e não-envolvido) e do grupo controle - GC (membros dominante e não-dominante), nos dois períodos de estudo [avaliação inicial (0) e 3º mês (3)]. $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$	39
Tabela 7. Média e desvio-padrão do erro absoluto no teste de percepção da posição articular durante o movimento ativo (PPA-A) dos voluntários do grupo com lesão do LCA - GR (membros envolvido e não-envolvido) e do grupo controle - GC (membros dominante e não-dominante), nos dois períodos de estudo [avaliação inicial (0) e 3º mês (3)]. $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$	40
Tabela 8. Média e desvio-padrão do erro absoluto no teste de percepção da posição articular durante o movimento passivo (PPA-P) dos voluntários do grupo com lesão do LCA - GR (membros envolvido e não envolvido) e do grupo controle - GC (membros dominante e não-dominante), nos dois períodos de estudo [avaliação inicial (0) e 3º mês (3)]. $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$	41

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Posicionamento e estabilização do voluntário na cadeira do dinamômetro isocinético Biodex.	13
Figura 2 – Realização da avaliação isocinética de extensão e flexão do joelho no dinamômetro isocinético Biodex.	17
Figura 3 – Realização do teste “shuttle run”.	18
Figura 4 – Realização do teste “carioca”.	19
Figura 5 – Preparação do voluntário para a realização do teste salto simples em distância.	20
Figura 6 – Demarcação da altura inicial (de referência) para a realização do teste salto vertical em uma perna.	21
Figura 7 – Preparação do voluntário para a realização do teste salto vertical em uma perna.	21
Figura 8 – Média e desvio-padrão do escore subjetivo do joelho do grupo com lesão do LCA - GR (membro envolvido - ENV) e do grupo controle - GC (membro dominante - DOM), nos dois períodos de estudo (avaliação inicial e 3º mês). $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$. *Diferença significativa ao nível de 5%.	38

SUMÁRIO

Página

PARTE 1 - PROJETO

1 – CONTEXTUALIZAÇÃO	01
2 – MATERIAL E MÉTODOS	08
2.1 – Casuística	08
2.2 – Desenho experimental	11
2.3 – Procedimentos	11
2.3.1 – Avaliação subjetiva da função do joelho	12
2.3.2 – Avaliação da sensibilidade proprioceptiva	12
2.3.3 – Avaliação do torque no dinamômetro isocinético	15
2.3.4 – Testes funcionais	17
2.3.4.1 – Testes funcionais de agilidade	18
2.3.4.2 – Testes funcionais de salto	19
2.4 – Programa de reabilitação	22

PARTE 2 - ARTIGO

1 – APRESENTAÇÃO DO ESTUDO	24
2 – INTRODUÇÃO	27
3 – OBJETIVO	30
4 – MATERIAL E MÉTODOS	31
5 – RESULTADOS	37
6 – DISCUSSÃO	42
7 – CONCLUSÃO	48
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
APÊNDICES	56
ANEXOS	74

PARTE 1 - PROJETO

1- CONTEXTUALIZAÇÃO

O ligamento cruzado anterior (LCA) é o ligamento da articulação do joelho mais comumente lesado durante a prática esportiva (CHAPPELL *et al.*, 2002), sendo a sua lesão, em geral, decorrente de mecanismos que exigem freqüente mudança de direção, movimentos de pivô, paradas bruscas ou durante a aterrissagem após um salto (BODEN *et al.*, 2000; YU *et al.*, 2002).

Considerando o fato de o LCA apresentar uma função importante na estabilização da articulação do joelho, a sua lesão usualmente resulta em instabilidade articular, por muitas vezes responsável por limitações importantes nas atividades esportivas e da vida diária (RUDOLPH *et al.*, 2001). Deste modo, as técnicas de reconstrução deste ligamento têm sido sistematicamente aprimoradas com o intuito de restabelecer a máxima estabilidade articular possível e podem incluir, como opções de enxerto, desde tecidos autógenos (próprios do indivíduo submetido à reconstrução) e alogênicos (externos a ele), até mesmo materiais sintéticos, produzidos em laboratório (LEPHART *et al.*, 1993; WEST & HARNER, 2005).

Dentre as técnicas mais empregadas pelos cirurgiões ortopédicos para a reconstrução cirúrgica do LCA, destaca-se aquela que utiliza como enxerto o terço médio do tendão patelar autógeno (LEPHART *et al.*, 1993; SHELBOURNE & URCH, 2000). Estudos prospectivos de longo-termo têm revelado que esta técnica geralmente proporciona bons resultados em relação às medidas de avaliação objetivas e de escores funcionais subjetivos (SHELBOURNE *et al.*, 1990; O'BRIEN *et al.*, 1991; SHELBOURNE & URCH, 2000; WOJTYS & HUSTON, 2000).

Entretanto, a obtenção do enxerto autógeno do tendão patelar resulta em prejuízos de grau variável ao mecanismo extensor do joelho, e diversos estudos têm associado a este procedimento os déficits funcionais e de força muscular, especialmente em relação ao

quadríceps (LEPHART *et al.*, 1993; SHELBOURNE & URCH, 2000; KONISHI *et al.*, 2006). Desta forma, o treinamento de força muscular apresenta-se como uma parte integrante e fundamental do programa de reabilitação após a reconstrução cirúrgica do LCA (PHILLIPS *et al.*, 2000).

A avaliação ou quantificação da força muscular após uma lesão em qualquer estrutura do sistema osteo-mio-articular (SOMA) é considerada essencial para determinar a localização e a extensão da fraqueza muscular que pode comumente estar associada a esse processo (MORRISSEY *et al.*, 2004). No entanto, esta avaliação ainda envolve aspectos controversos, uma vez que a prova manual de força muscular, apesar do baixo custo e ampla utilização clínica, apresenta algumas limitações como o caráter altamente subjetivo e a imprecisão em verificar déficits de força de grandes grupos musculares (REINKING *et al.*, 1996).

A dinamometria isocinética, por sua vez, tem sido cada vez mais utilizada como uma ferramenta objetiva de avaliação e quantificação da força e do desempenho muscular em um determinado padrão de movimento, diante de sua alta confiabilidade e validade (PERRIN, 1986; WILK *et al.*, 1994), podendo ser indicada tanto para a avaliação do equilíbrio de forças entre determinados grupos musculares, necessário para manter a integridade e a estabilidade articular, como também para a avaliação e reabilitação das lesões do SOMA.

As pesquisas sobre reabilitação após a reconstrução cirúrgica do LCA apresentavam inicialmente uma forte tendência em concentrar-se apenas nos aspectos referentes à avaliação e restauração da força muscular, reduzindo a importância de outros aspectos, tais como a propriocepção, o controle postural, o tempo de reação muscular e o desempenho funcional (O'CONNELL *et al.*, 1998; AGEBERG, 2002). No entanto, diversos estudos evidenciaram que, além da sua função mecânica, o LCA também possui um papel importante na propriocepção e no controle da postura e do movimento, por meio do fornecimento de

feedback neurológico que atua mediando diretamente a sensação de posição articular, o limiar de detecção do movimento passivo e a estabilização muscular reflexa da articulação (JOHANSSON *et al.*, 1991; LEPHART *et al.*, 1997; IWASA *et al.*, 2000; AGEBERG, 2005).

Os receptores sensoriais (mecanorreceptores) para a propriocepção são encontrados na pele, músculos, articulações, tendões e ligamentos (JOHANSSON *et al.*, 1991; ROBERTS *et al.*, 2007). A ativação destes receptores, pela posição ou movimento articular, é iniciada em função da sobrecarga e da deformação mecânica dos tecidos onde estão presentes (TSUDA *et al.*, 2003). Os sinais codificados sobre o posicionamento e movimento articular são transmitidos por meio das vias aferentes para o Sistema Nervoso Central (SNC). Vias aferentes para o córtex cerebral fornecem avaliação consciente da posição e do movimento articular. Por outro lado, vias reflexas fornecem estabilidade dinâmica à articulação (JOHANSSON *et al.*, 1991).

Considerando as funções proprioceptivas dos ligamentos, pressupõe-se que qualquer lesão em grau variável nessas estruturas possa resultar em perda parcial de aferências, a qual pode produzir redução na acuidade da propriocepção, bem como sobre o controle da postura e do equilíbrio em determinadas posições ou durante a realização do movimento (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995; IWASA *et al.*, 2000).

Deste modo, além de diminuir a estabilidade mecânica estática do joelho, a lesão do LCA também pode repercutir negativamente sobre o sistema de estabilização articular dinâmica (JOHANSSON *et al.*, 1991; GOOD *et al.*, 1999; TSUDA *et al.*, 2003; IWASA *et al.*, 2006), levando a uma instabilidade funcional desta articulação, com possível prejuízo das atividades esportivas e da vida diária (REIDER *et al.*, 2003; FRIEMERT *et al.*, 2006). Tal fato tem direcionado os programas atuais de reabilitação, após a reconstrução cirúrgica do LCA, a focar não apenas a restauração da amplitude de movimento e a recuperação da

força muscular, mas também o restabelecimento da propriocepção e do controle postural ao mesmo nível anterior à lesão, por meio do treinamento sensório-motor e funcional (FREMEREY *et al.*, 2000; FRIEMERT *et al.*, 2006).

No entanto, sabe-se que esse processo é dependente da reinervação do enxerto e vários estudos histológicos, tanto em animais (DENTI *et al.*, 1994; BARRACK *et al.*, 1997; SHIMIZU *et al.*, 1999), quanto em humanos (DENTI *et al.*, 1994; GEORGOULIS *et al.*, 2001), bem como estudos de natureza eletro-fisiológica (BARRACK *et al.*, 1997; OCHI *et al.*, 1999; TSUDA *et al.*, 2003), vêm sendo desenvolvidos para analisar a sua ocorrência.

Foi observado que, já no 3º mês de pós-cirúrgico, os mecanorreceptores no enxerto ligamentar já apresentam sua morfologia normal (DENTI *et al.*, 1994). Entretanto, a significância funcional desse processo, bem como os seus efeitos diretos sobre a acuidade proprioceptiva, ainda não foram adequadamente elucidados (BARRACK *et al.*, 1997; SHIMIZU *et al.*, 1999). Existem indicações de que a função desses mecanorreceptores é restabelecida somente após cerca de 6 a 18 meses à cirurgia de reconstrução (BARRACK *et al.*, 1997; OCHI *et al.*, 1999; FREMEREY *et al.*, 2000; REIDER *et al.*, 2003; KONISHI *et al.*, 2006). Ainda assim, algum déficit proprioceptivo pode persistir, pois muitos dos mecanorreceptores e conexões nervosas originais não são restaurados (BARRACK *et al.*, 1997; LEPHART *et al.*, 1997), podendo resultar na perda parcial da informação aferente dos mecanorreceptores do ligamento (LEPHART *et al.*, 1997). Estas alterações poderiam explicar o fato de alguns pacientes, mesmo quando submetidos a uma reconstrução cirúrgica adequada e sem sinais de instabilidade nos testes clínicos, queixarem-se quanto à condição funcional de seu joelho (MacDONALD *et al.*, 1996; FREMEREY *et al.*, 2000).

O aspecto da funcionalidade é um dos mais considerados na tomada de decisão clínica e na terapêutica em reabilitação, na medida em que compreende informações a respeito do desempenho do indivíduo em suas atividades de vida diária e/ou esportiva.

Dentre os instrumentos mais utilizados para esta finalidade, destacam-se os testes funcionais e os questionários ou escalas de avaliação funcional (BOLGLA & KESKULA, 1997).

Os testes de desempenho funcional são comumente utilizados no ambiente clínico ou laboratorial na tentativa de “mensurar” ou “quantificar” objetivamente a funcionalidade do joelho por meio da reprodução de atividades (deslocamentos e/ou saltos) que simulem os estresses comumente encontrados durante as tarefas esportivas ou da vida diária comum (LEPHART *et al.*, 1993; BOLGLA & KESKULA, 1997): forças rotacionais, de subluxação (anteriorização) tibial e de aceleração/desaceleração em torno da articulação do joelho (LEPHART *et al.*, 1992). Além dos testes funcionais, as escalas de escore funcional ou questionários funcionais constituem métodos consistentes e de fácil reprodução para a avaliação da funcionalidade do joelho, bem como dos resultados cirúrgicos referentes a esta articulação (PHILLIPS *et al.*, 2000).

Os questionários funcionais podem utilizar-se de critérios subjetivos, objetivos ou de ambos. Dentre aqueles considerados subjetivos, a Escala de Avaliação Funcional do Joelho de Lysholm (TEGNER & LYSHOLM, 1985) é um dos mais comumente utilizados (SERNERT *et al.*, 1999), em virtude de sua fácil aplicação e da validade e confiabilidade de seus resultados em relação às repercussões das lesões ligamentares do joelho nas atividades da vida diária (PHILLIPS *et al.*, 2000; WEITZEL & RICHMOND, 2002). Nesta Escala, avalia-se a percepção que o indivíduo (que apresenta a lesão ligamentar) tem sobre a função de seu joelho (função subjetiva), de acordo com critérios pré-estabelecidos.

A literatura evidencia vários estudos que avaliaram, isoladamente ou em conjunto, a força muscular, a propriocepção, o controle postural, o desempenho em testes funcionais e a função subjetiva do joelho na presença de deficiência do LCA (MacDONALD *et al.*, 1996; FREMEREY *et al.*, 2000; PHILLIPS *et al.*, 2000; BONFIM *et al.*, 2003; KEAYS *et al.*, 2003; KATAYAMA *et al.*, 2004; AGEBERG *et al.*, 2005; ROBERTS *et al.*, 2007) e/ou

tardiamente após a reconstrução cirúrgica deste ligamento (MacDONALD *et al.*, 1996; FREMEREY *et al.*, 2000; ROBERTS *et al.*, 2000; BONFIM *et al.*, 2003; ROBERTS *et al.*, 2007), quando normalmente a reabilitação já foi finalizada.

No entanto, ainda existe uma carência de estudos de natureza prospectiva, que tenham investigado (de forma isolada ou associada) as características da acuidade proprioceptiva, do torque e do desempenho funcional (subjetivo e objetivo) durante o período de reabilitação após a reconstrução cirúrgica do LCA, sobretudo quando a mesma foi realizada por meio da técnica do tendão patelar autógeno (FREMEREY *et al.*, 2000; REIDER *et al.*, 2003), que é a mais comumente utilizada no ambiente cirúrgico (BARRACK *et al.*, 1997; WEST & HARNER, 2005).

Destes, o número de estudos que consideraram o período de reabilitação inicial (primeiros três meses) após a reconstrução do LCA, é ainda mais reduzido. Estudos com tais características podem ajudar a esclarecer as repercussões (iniciais, intermediárias e tardias) deste tipo de intervenção, bem como as possíveis adaptações frente a esse processo, além das alterações decorridas da lesão ligamentar, já amplamente descritas na literatura.

Por fim, ainda não há consenso sobre como esses parâmetros de funcionalidade se correlacionam ao longo dos períodos correspondentes à lesão, reconstrução e reabilitação do joelho, o que indica a necessidade de realização de novos trabalhos que venham a contribuir para uma melhor compreensão das alterações e da evolução destas variáveis durante o período mencionado, além de auxiliar no estabelecimento de programas de reabilitação que sejam ao mesmo tempo eficientes e seguros (KEAYS *et al.*, 2003) para a promoção de uma melhor recuperação funcional destes pacientes.

Diante do exposto, consistiram em objetivos do presente estudo:

1 – Avaliar a sensibilidade proprioceptiva do joelho, representada pela percepção da posição articular durante os movimentos passivo e ativo, bem como pelo limiar de detecção

do movimento passivo; antes e nos 3º, 6º, 9º e 12º meses após a reconstrução cirúrgica unilateral do LCA;

2 - Avaliar o torque dos grupos musculares do quadríceps (extensor do joelho) e dos isquiotibiais (flexor do joelho), como medida de força muscular, antes e nos 6º, 9º e 12º meses após a reconstrução cirúrgica unilateral do LCA;

3 - Avaliar a funcionalidade do joelho, de forma subjetiva, por meio da Escala de Lysholm; antes e nos 3º, 6º, 9º e 12º meses após a reconstrução cirúrgica unilateral do LCA;

4 - Avaliar a funcionalidade do joelho, de forma objetiva, por meio do desempenho em testes funcionais de força e de agilidade; antes e nos 6º, 9º e 12º meses após a reconstrução cirúrgica unilateral do LCA;

5 - Verificar a relação existente entre as diferentes medidas de avaliação utilizadas no presente estudo, antes e nos 3º (exceto as avaliações isocinéticas de força e os testes funcionais), 6º, 9º e 12º meses após a reconstrução cirúrgica unilateral do LCA;

6 - Identificar a importância das diferentes medidas de avaliação utilizadas (isoladamente ou em conjunto), em cada etapa do período de estudo proposto.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Casuística

Vinte e sete sujeitos do gênero masculino, sedentários ou não praticantes de atividade física regular (frequência inferior a 3 vezes por semana), com idade entre 18 e 36 anos, foram selecionados por conveniência em uma comunidade universitária e no Setor de Fisioterapia da Unidade Saúde-Escola - Universidade Federal de São Carlos. Segundo os resultados obtidos na anamnese e avaliação física inicial (APÊNDICE I), os mesmos foram divididos em dois grupos: indivíduos portadores de lesão do LCA, com previsão de reconstrução cirúrgica (GR) e indivíduos controle (GC).

Como critérios de inclusão dos voluntários no GR, foram consideradas as seguintes condições: a) ruptura unilateral do LCA verificada artroscopicamente ou por ressonância magnética por imagem, e clinicamente por um sinal positivo nos testes de Lachman e de gaveta anterior; b) previsão de reconstrução do LCA utilizando a técnica do tendão patelar autógeno, a ser realizada por dois cirurgiões ortopédicos específicos e c) reabilitação similar após a cirurgia de reconstrução, incluindo o treinamento sensório-motor.

Como critérios de exclusão, foram considerados: a) história de cirurgia e/ou disfunção no joelho contralateral; b) qualquer disfunção ou cirurgia nos quadris, tornozelos ou pés e, para ambos os grupos, c) qualquer doença neurológica, cardiovascular, metabólica, reumática ou vestibular. Diante de tais critérios, dois indivíduos foram excluídos por apresentar sinais clínicos de lesão bilateral do LCA.

Deste modo, o GR ficou constituído por 10 indivíduos ($26,9 \pm 6,8$ anos; $174,7 \pm 6,6$ cm; $78,8 \pm 8,3$ kg) com lesão unilateral do LCA ($11,3 \pm 10,5$ meses, variação de 3-32 meses) e o GC, por 15 indivíduos sadios ($22,1 \pm 3,0$ anos; $175,8 \pm 7,5$ cm; $73,0 \pm 8,1$ kg). A idade e o perfil

antropométrico de todos os voluntários participantes do presente estudo está representada na Tabela 1 (GC) e na Tabela 2 (GR).

Tabela 1 – Média e desvio-padrão da idade e perfil antropométrico (altura e massa corporal) dos voluntários do grupo controle (GC). $n_{GC}=15$

Voluntário	Idade (anos)	Altura (cm)	Massa Corporal (kg)
1	20	175	78,4
2	19	185	80,5
3	20	185,5	79,4
4	25	177	75,8
5	25	187	84,0
6	19	165	70,7
7	18	176	80,4
8	22	182	80,3
9	23	165	62,3
10	27	172	74,5
11	23	178	68,8
12	18	173	65,0
13	22	182	75,5
14	26	165	59,0
15	24	170	60,6
Média	22,1	175,8	73,0
Desvio-padrão	3,0	7,5	8,1

Tabela 2 – Média e desvio-padrão da idade e perfil antropométrico (altura e massa corporal) dos voluntários do grupo reconstruído (GR). $n_{GR}=10$

Voluntário	Idade	Altura	Massa Corporal
1	36	184,5	83,2
2	19	174	80,9
3	24	175	73,8
4	20	178	79,0
5	22	171	71,5
6	21	176	65,5
7	33	183	92,9
8	34	161,5	78,9
9	25	169	72,8
10	35	175	89,2
Média	26,9	174,7	78,8
Desvio-padrão	6,8	6,6	8,3

Na Tabela 3, é possível verificar que, no GR, 40% da amostra apresentava lesão isolada do LCA. Lesões associadas envolveram o menisco medial (30%), ligamento colateral medial + menisco medial (20%) e menisco medial + menisco lateral (10%). O tempo médio de lesão de cada voluntário, anteriormente à avaliação inicial, também está representado nesta tabela.

Tabela 3 – Descrição das características de lesão (isolada ou associada) apresentadas pelos voluntários do grupo reconstruído (GR), bem como tempo médio (e desvio-padrão) de lesão, anteriormente à avaliação inicial. M=medial; L=lateral; n_{GR}=10.

Voluntário	Lesão isolada	Lesões associadas		
		Lesões meniscais	Ligamentos colaterais	Tempo de lesão (meses)
1		X (M)		4
2	X			7
3		X (M)		5
4		X (M)	X (M)	8
5	X			4
6	X			3
7	X			24
8		X (M)		22
9		X (M e L)		32
10		X (M)	X (M)	4
Média	-	-	-	11,3
Desvio-padrão	-	-	-	10,5

Todos os voluntários receberam explicações sobre os riscos, benefícios e procedimentos do estudo, assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE II), previamente à realização do mesmo. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos - parecer n° 211/2005 (ANEXO I).

2.2 – Desenho experimental

Os grupos foram avaliados em cinco momentos distintos: para o GR, as avaliações foram realizadas no período pré-operatório, bem como nos 3º, 6º, 9º e 12º meses decorridos da cirurgia de reconstrução do LCA, enquanto o GC foi avaliado em um dado momento inespecífico (avaliação inicial), bem como nos 3º, 6º, 9º e 12º meses decorridos desta avaliação inicial.

Considerando o período proposto para o presente estudo e, respeitando o processo de recuperação normal do enxerto à reconstrução do LCA, tanto os testes isocinéticos quanto os testes funcionais não foram realizados nas avaliações referentes ao 3º mês pós-cirúrgico, uma vez que esses testes podem exercer acentuado nível de estresse (tensão) sobre enxerto ligamentar, ainda em processo de cicatrização durante nesse período (KEAYS *et al.*, 2003).

Todas as avaliações foram realizadas bilateralmente, tanto no GR, onde foi estabelecida a categorização em membro envolvido e não-envolvido pela lesão; quanto no GC, onde foram considerados os membros dominante - definido como aquele utilizado preferencialmente pelo voluntário para chutar uma bola (BOLGLA & KESKULA, 1997) - e não-dominante.

2.3 – Procedimentos

Todos os voluntários foram devidamente orientados sobre a execução e finalidade de cada etapa constituinte do teste/avaliação, sendo que a sua ordem de realização foi planejada especialmente para se evitar efeitos de aprendizagem ou de fadiga muscular, que pudessem interferir no desempenho dos mesmos.

Deste modo, os sujeitos foram inicialmente avaliados quanto ao escore funcional do joelho pela Escala de Lysholm (APÊNDICE III). Em seguida, realizaram as avaliações referentes à sensibilidade proprioceptiva (APÊNDICE IV) e a avaliação do torque (APÊNDICE V), ambas no dinamômetro isocinético. Por fim, foram realizadas as avaliações de desempenho funcional, por meio dos testes funcionais de deslocamentos e saltos (APÊNDICE VI).

2.3.1- Avaliação subjetiva da função do joelho

Os voluntários foram devidamente instruídos anteriormente ao preenchimento do Questionário de Avaliação Funcional do Joelho de Lysholm (TEGNER & LYSHOLM, 1985), na sua versão traduzida (por um profissional com fluência na área) para a língua portuguesa (APÊNDICE III). Trata-se de um instrumento de dados reportados pelo paciente, composto por 8 itens que discorrem sobre os sinais, sintomas e a funcionalidade da articulação do joelho e que perfazem um total de 100 pontos (onde os escores mais baixos indicam menor funcionalidade), distribuídos da seguinte forma: instabilidade (25 pontos), dor (25 pontos), edema (10 pontos), claudicação (5 pontos), bloqueio articular (15 pontos), subir escadas (10 pontos), suporte de peso (5 pontos) e agachar (5 pontos).

2.3.2 - Avaliação da sensibilidade proprioceptiva

Os voluntários foram posicionados sentados na cadeira do dinamômetro isocinético *Biodex Multi-Joint System III Pro* (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY, USA), e estabilizados por cintos de contenção nas regiões do tronco e pelve, com a articulação do quadril à 105° de flexão e a articulação do joelho a 90° de flexão (Figura 1). Para evitar

estímulo cutâneo na fossa poplíteia, esta região foi posicionada a pelo menos 10 centímetros anteriormente à borda da cadeira (HIGGINS & PERRY, 1997).

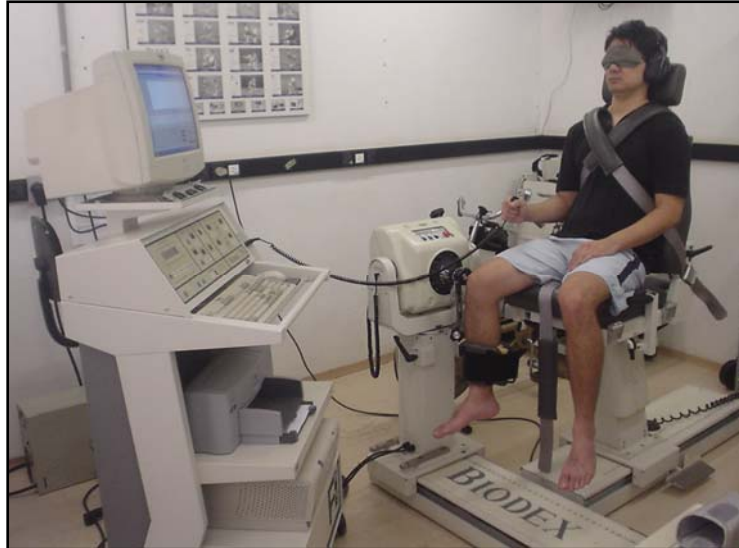


Figura 1 – Posicionamento e estabilização do voluntário na cadeira do dinamômetro isocinético Biodex.

O eixo mecânico de rotação (eixo mecânico do braço de alavanca) foi alinhado ao epicôndilo lateral do fêmur (eixo de rotação da articulação do joelho) e a almofada do braço de alavanca foi posicionada imediatamente acima do maléolo medial. No entanto, não houve contato direto com a pele dos voluntários, uma vez que foram utilizadas espumas (envolvendo o terço inferior da perna) para diminuição das aferências cutâneas neste segmento (REIDER *et al.*, 2003). Foi fornecido ao voluntário um dispositivo de interrupção do movimento do braço de alavanca do dinamômetro (dispositivo de parada) – Figura 1.

A avaliação da sensibilidade proprioceptiva consistiu na realização de três testes, todos considerados válidos e confiáveis para este propósito (PIRIYAPRASARTH & MORRIS, 2007): a) percepção da posição articular durante o movimento passivo (PPA-P), b) percepção da posição articular durante o movimento ativo (PPA-A) e c) limiar de detecção do movimento passivo (LDMP).

Todos os testes foram realizados bilateralmente, a uma velocidade constante de 2°/s e utilizando-se dois ângulos pré-determinados (ângulos-alvo): 30° e 60° de flexão do joelho (0°= extensão completa), em três tentativas para cada condição. A ordem de avaliação dos testes, das angulações a serem utilizadas nos membros superiores, bem como dos membros inferiores a serem testados, foram determinadas aleatoriamente por sorteio, exceto para o GR onde, seguindo as recomendações de Dvir (1995), foi avaliado primeiramente o membro não-envolvido.

Para a avaliação da PPA-P, a articulação do joelho foi passivamente movida pelo braço de alavanca do dinamômetro, da posição inicial (90° de flexão) em direção à extensão completa (0°), até um dos ângulos-alvo de flexão do joelho (30° e 60° de flexão), onde permaneceu durante 15 segundos. Posteriormente, retornou à posição inicial de referência, permanecendo nesta posição por 8 segundos (HIGGINS & PERRY, 1997). Em seguida, foi realizado novo movimento passivo (reposicionamento) da articulação do joelho, e os voluntários foram solicitados a interrompê-lo por meio do acionamento dispositivo de parada no momento em que identificassem o ângulo-alvo. Conforme recomendado por Barrack *et al.*, (1989), cada voluntário teve seus olhos vendados por uma máscara, para eliminação da informação visual.

A avaliação da PPA-A foi realizada de modo similar ao descrito para o movimento passivo, exceto que o reposicionamento da articulação do joelho foi realizado ativamente pelos voluntários. O movimento do braço de alavanca (produzido ativamente pelos voluntários) deveria ser interrompido pelos mesmos, por meio do acionamento do dispositivo de parada, assim que identificassem o ângulo-alvo. Nas duas modalidades de PPA, foram analisados os valores médios do erro absoluto (em graus) das três tentativas realizadas, em relação a cada ângulo-alvo.

Para a avaliação do LDMP, a articulação do joelho dos voluntários foi movida passivamente, de forma não anunciada (REIDER *et al.*, 2003) e na velocidade angular

descrita, a partir dos 2 ângulos pré-determinados em direção à flexão ou à extensão (direção do movimento determinada aleatoriamente). Os voluntários deveriam interromper o movimento do braço de alavanca do dinamômetro por meio do acionamento do dispositivo de parada assim que detectassem qualquer alteração na posição da articulação do joelho. Para este teste, além da máscara para vendar os olhos, foi também utilizado um fone de ouvido conectado a uma fonte emissora de ruído constante (LEPHART *et al.*, 1997; REIDER *et al.*, 2003), para a eliminação de informações auditivas. No LDMP, foi analisado o deslocamento angular médio (em graus) decorrido entre o início do movimento passivo e o acionamento do dispositivo de parada pelo voluntário, para cada ângulo-alvo.

2.3.3 - Avaliação do torque no dinamômetro isocinético

A avaliação isocinética do torque dos grupos musculares do quadríceps (extensor do joelho) e dos isquiotibiais (flexor do joelho) foi realizada em sala aclimatada e sem perturbações externas. Anteriormente ao início das etapas dessa avaliação, foi realizada a calibração do dinamômetro isocinético, de acordo com os procedimentos técnicos descritos no manual do fabricante.

Os voluntários foram submetidos inicialmente a um período de aquecimento em bicicleta estacionária (*Monark*), com carga de 25 W e à velocidade de 25 km/h, com duração de 5 minutos (KATAYAMA *et al.*, 2004), seguido pela realização de alongamentos dos principais grupos musculares envolvidos nas atividades - quadríceps, isquiotibiais e tríceps da perna - sendo observado um minuto para cada grupo muscular. Em seguida, foram posicionados sentados na cadeira do dinamômetro isocinético, com a articulação do quadril a 105° de flexão e a do joelho a 90° de flexão; e estabilizados por cintos de contenção nas regiões do tronco e pelve, bem como na coxa do membro inferior a ser avaliado.

O eixo articular do joelho foi alinhado com o eixo mecânico do braço de alavanca do dinamômetro, deixando-se a região da fossa poplíteia afastada do assento da cadeira aproximadamente por 3 cm, para permitir o livre movimento da articulação do joelho (ANDERSON *et al.*, 2002). A plataforma de resistência foi fixada com tiras de velcro no terço médio da perna (em ambos os grupos) para reduzir o movimento de translação anterior tibial no GR e, conseqüentemente, minimizar a tensão sobre o ligamento/enxerto durante os exercícios de extensão do joelho. Também pelo mesmo motivo, o arco de movimento da articulação do joelho foi controlado pelos examinadores a uma amplitude de 70° (de 90° de flexão a 20° de flexão), evitando-se os graus mais próximos à extensão completa (ANDERSON *et al.*, 2002), bem como a hiperextensão forçada (DVIR, 1995).

Analogamente à avaliação da sensibilidade proprioceptiva, o primeiro membro inferior testado foi o não-envolvido pela lesão/reconstrução cirúrgica (WILK *et al.*, 1994; DVIR, 1995) e, para o GC, esta ordem foi aleatorizada por sorteio.

A avaliação isocinética foi realizada ativamente nos modos concêntrico/concêntrico e excêntrico/excêntrico para extensão e flexão do joelho (Figura 2), a uma velocidade angular de 60°/s, consistindo de uma série de 8 contrações concêntricas e uma série de 8 contrações excêntricas, nesta ordem, de extensão e de flexão do joelho, com intervalo de 3 minutos entre as séries, para a atenuação do processo de fadiga (WILK *et al.*, 1994).

Previamente a cada teste, os voluntários foram submetidos a uma familiarização com o modo de contração e com a velocidade, a qual consistiu em uma série de 8 contrações submáximas de extensão e de flexão do joelho, seguindo-se 2 minutos de descanso antes do início do teste isocinético propriamente dito.



Figura 2 – Realização da avaliação isocinética de extensão e flexão do joelho no dinamômetro isocinético Biodex.

Durante a realização do teste, os voluntários receberam incentivos verbais por meio de um comando padronizado. Como forma adicional de motivação e de retro-alimentação visual (DVIR, 1995), os voluntários estavam posicionados em frente a um monitor que fornecia o registro, em tempo real, das curvas de torque extensor e flexor durante a realização dos testes.

2.3.4 – Testes funcionais

A avaliação do desempenho funcional foi realizada por meio de quatro testes funcionais, divididos em duas modalidades: (1) testes de agilidade (“shuttle run” e “carioca”), considerados como medidas de estabilidade funcional e (2) testes de saltos (salto simples em distância e salto vertical sobre uma perna), considerados como medidas de força e de estabilidade funcional (KEAYS *et al.*, 2003). Além de constituírem um parâmetro de referência para a recuperação funcional, os testes de agilidade e salto são de fácil aplicação clínica e de rápida obtenção de dados (seguros e objetivos) sobre a progressão funcional dos indivíduos acometidos pela lesão do LCA (LEPHART *et al.*, 1997).

Anteriormente à realização dos testes funcionais, os voluntários realizaram um aquecimento por meio de corrida leve (“trote”) em torno de uma quadra durante 5 minutos, e alongamentos dos principais grupos musculares envolvidos na atividade - quadríceps, isquiotibiais e tríceps da perna - sendo observado um minuto para cada grupo muscular.

2.3.4.1 – Testes funcionais de agilidade

Os testes de agilidade envolveram a medida do tempo necessário para que os voluntários percorressem, da maneira mais rápida e segura possível (KEAYS *et al.*, 2003), uma área de dimensões fixas e pré-estabelecidas pelos examinadores. No teste do “shuttle run” (Figura 3), os voluntários deveriam correr por uma distância de 6,1 metros em deslocamento anterior e tocar com o pé uma linha demarcada no solo. A seguir, realizavam uma mudança de direção e retornavam ao ponto inicial de partida, tocando com o pé a linha inicial e repetindo este procedimento por mais uma vez (LEPHART *et al.*, 1993). O teste completo envolveu a distância de 24,4 metros e três mudanças de direção (uma ao final de cada deslocamento).



Figura 3 – Realização do teste “shuttle run”.

Já o teste “carioca” (Figura 4) exigiu que os voluntários realizassem movimentos laterais, utilizando passos cruzados, por uma distância equivalente a 12,2 metros. Os sujeitos deveriam iniciar o teste movimentando-se da esquerda para a direita (cruzando o membro inferior esquerdo anteriormente e posteriormente ao direito) até atingir a linha final da área demarcada. Em seguida, deveriam realizar a mudança de direção, movimentando-se da direita para a esquerda (cruzando o membro inferior direito anteriormente e posteriormente ao esquerdo) para completar a distância de 24,4 metros (LEPHART *et al.*, 1993).



Figura 4 – Realização do teste “carioca”.

O tempo para a execução dos testes de agilidade foi cronometrado (em segundos, considerando até a casa centesimal) e registrado para as comparações de interesse.

2.3.4.2 – Testes funcionais de salto

Os testes de salto foram realizados em ambos os membros inferiores, sendo executados primeiramente no membro não-envolvido pela lesão (GR) e de forma aleatória (por sorteio), no GC. Seguindo as recomendações de KATAYAMA *et al.* (2004), todos os testes de salto foram realizados com os olhos abertos e com os olhos fechados, a fim de se

verificar as eventuais contribuições do sistema visual na realização dos referidos testes, bem como os efeitos de sua privação.

No salto simples em distância – SSD (“hop test”) – Figura 5, os voluntários foram instruídos a saltar a máxima distância possível, em apoio unipodal e sem mudança de apoio, sustentando as suas mãos atrás do tronco e mantendo, após o salto, a posição de queda por cerca de dois segundos (KEAYS *et al.*, 2003).



Figura 5 – Preparação do voluntário para a realização do teste salto simples em distância.

Cada voluntário realizou três tentativas válidas de saltos máximos, para cada membro inferior, e a média da distância atingida por essas três tentativas foi registrada (LEPHART *et al.*, 1993), para as devidas comparações intragrupos e intergrupos.

O teste do salto vertical sobre uma perna – SVP (“one-leg vertical jump”) avaliou a medida vertical, em relação ao solo, obtida pelo salto em apoio unipodal. Para tanto, os voluntários permaneceram ao lado de uma parede revestida por um painel, tendo o dedo médio de sua mão mais próxima a essa parede, marcado por tinta. Apoiando-se unicamente no membro inferior mais próximo à parede, foi solicitada aos voluntários a demarcação da altura máxima alcançada por seu dedo, com o membro superior em flexão de 180° e sem

retirar o contato do calcanhar com o solo, a fim de se estabelecer um ponto de referência para a mensuração da altura do salto vertical (Figura 6).



Figura 6 – Demarcação da altura inicial (de referência) para a realização do teste salto vertical em uma perna.

Ainda com o membro superior mais próximo à parede em flexão completa (Figura 7), os voluntários foram instruídos a saltar verticalmente de forma máxima, tocando o painel no instante em que atingirem a maior dimensão vertical e mantendo, após o salto, a posição de queda por cerca de dois segundos.



Figura 7 – Preparação do voluntário para a realização do teste salto vertical em uma perna.

Os voluntários realizaram três tentativas válidas de salto para cada membro inferior e as diferenças entre a marcação de referência e aquelas atingidas durante o salto máximo foram registradas como as medidas saltadas. A média dessas medidas foi utilizada para as devidas análises comparativas intragrupos e intergrupos.

2.4 – Programa de reabilitação

Todos os voluntários foram submetidos a um programa de reabilitação semelhante, que enfatizou o fortalecimento muscular, especialmente do músculo quadríceps da coxa, além do treino proprioceptivo e da estabilidade dinâmica por meio da melhora do controle neuromuscular. Este programa teve por objetivos restaurar a máxima função em cada momento da reabilitação, sem comprometer a integridade do enxerto utilizado para a reconstrução.

PARTE 2 - ARTIGO

1 - APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

Conforme mencionado na Parte 1 - Projeto, tópico de contextualização; o presente estudo, quando considerado em sua forma integral, apresenta natureza prospectiva de 12 meses. Este estudo foi contemplado com Auxílio Financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), mediante sua aprovação no Edital Universal 019/2004 (processo nº 476772/2004-4).

Contudo, o Projeto inicial previa a utilização de alguns instrumentos de medida, os quais ainda não eram disponíveis aos pesquisadores. O Auxílio Financeiro do Edital Universal visava exatamente à aquisição desses materiais. No entanto, embora o Projeto tenha sido contemplado, o mesmo foi aprovado com restrições orçamentárias da ordem de dois terços do valor de seu custo total, ou seja, apenas um terço desse custo foi aprovado para os pesquisadores. Tal fato inviabilizou a aquisição dos referidos equipamentos, implicando em algumas alterações metodológicas no Projeto.

Considerando a espera de cerca de 6 meses pelo resultado do Edital Universal, a natureza prospectiva de 12 meses do estudo, bem como o prazo de 24 meses para a conclusão do Curso de Mestrado, não foi possível aos pesquisadores concluir, até o momento, todas as etapas inicialmente previstas. Algumas etapas do Projeto ainda se encontram em período de finalização.

Portanto, o estudo apresentado a seguir, sob a forma de artigo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia pelo Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, contempla somente os dados referentes à avaliação inicial e ao 3º mês de pós-cirúrgico. Este artigo foi submetido para avaliação à Revista Brasileira de Fisioterapia (ANEXO II), também como parte dos requisitos necessários para tal finalidade.

Embora na avaliação inicial tenham sido realizadas as avaliações isocinéticas de torque, bem como os testes funcionais; as mesmas não foram realizadas no 3º mês de pós-cirúrgico, considerando o período recente à reconstrução. Portanto, o artigo apresentado contempla as avaliações relacionadas à sensibilidade proprioceptiva e à percepção subjetiva da função do joelho, durante o período pré-operatório e pós-operatório inicial (3º mês).

Os demais dados, referentes às outras etapas de coleta (6º, 9º e 12º meses), bem como às outras formas de avaliação utilizadas (avaliação do torque e testes funcionais), encontram-se em fase de coleta e análise, devendo fornecer subsídios, em um futuro próximo, para a elaboração de pelo menos dois outros trabalhos, a serem submetidos a dois periódicos internacionais de impacto na área.

**AVALIAÇÃO SUBJETIVA DA FUNÇÃO DO JOELHO E DA SENSIBILIDADE
PROPRIOCEPTIVA ANTES E APÓS A RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR**

DANIEL FERREIRA MOREIRA LOBATO¹, VIVIANE NAKANISHI¹, CAMILA
SHIBUYA¹, BENEDITO GALVÃO BENZE², ALEXANDRE TERRUGGI-JUNIOR³,
RODRIGO BEZERRA DE MENEZES REIFF³, FÁBIO VIADANNA SERRÃO¹

¹Departamento de Fisioterapia – Universidade Federal de São Carlos

²Departamento de Estatística – Universidade Federal de São Carlos

³Cirurgiões ortopédicos

2 - INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm evidenciado que, além de apresentar função mecânica na estabilização articular, o ligamento cruzado anterior (LCA) possui um papel importante na propriocepção e no controle da postura e do movimento, por meio do fornecimento de “feedback” neurológico que atua mediando diretamente a percepção da posição articular, o limiar de detecção do movimento passivo e a estabilização muscular reflexa da articulação (JOHANSSON *et al.*, 1991; LEPHART *et al.*, 1997; AGEBERG *et al.*, 2005).

Deste modo, além de diminuir a estabilidade mecânica estática do joelho, a lesão do LCA também pode repercutir negativamente sobre o sistema de estabilização articular dinâmica (JOHANSSON *et al.*, 1991; GOOD *et al.*, 1999; IWASA *et al.*, 2006), levando a uma instabilidade funcional desta articulação, com possível prejuízo das atividades esportivas e da vida diária (REIDER *et al.*, 2003; FRIEMERT *et al.*, 2006). Tal fato tem direcionado os programas atuais de reabilitação a focar não apenas a restauração da amplitude de movimento e a recuperação da força muscular, mas também o restabelecimento da propriocepção e do controle postural ao mesmo nível anterior à lesão, por meio do treinamento sensório-motor e funcional (FREMEREY *et al.*, 2000; FRIEMERT *et al.*, 2006).

No entanto, sabe-se que esse processo é dependente da reinervação do enxerto e vários estudos histológicos, tanto em animais (DENTI *et al.*, 1994; BARRACK *et al.*, 1997; SHIMIZU *et al.*, 1999), quanto em humanos (DENTI *et al.*, 1994; GEORGOULIS *et al.*, 2001), bem como estudos de natureza eletro-fisiológica (BARRACK *et al.*, 1997; OCHI *et al.*, 1999; TSUDA *et al.*, 2003), vêm sendo desenvolvidos para analisar a sua ocorrência. Foi observado que, já no 3º mês de pós-cirúrgico, os mecanorreceptores no enxerto ligamentar já apresentam sua morfologia normal (DENTI *et al.*, 1994). Entretanto, a significância funcional desse processo, bem como os seus efeitos diretos sobre a acuidade proprioceptiva, ainda não

foram adequadamente elucidados (BARRACK *et al.*, 1997; SHIMIZU *et al.*, 1999). Existem indicações de que a função desses mecanorreceptores é restabelecida somente após cerca de 6 a 18 meses à cirurgia de reconstrução (BARRACK *et al.*, 1997; OCHI *et al.*, 1999; FREMEREY *et al.*, 2000; REIDER *et al.*, 2003; KONISHI *et al.*, 2006).

Ainda assim, algum déficit proprioceptivo pode persistir, pois muitos dos mecanorreceptores e conexões nervosas originais não são restaurados (BARRACK *et al.*, 1997; LEPHART *et al.*, 1997), podendo resultar na perda parcial da informação aferente dos mecanorreceptores do ligamento (LEPHART *et al.*, 1997). Estas alterações poderiam explicar o fato de alguns pacientes, mesmo quando submetidos a uma reconstrução cirúrgica adequada e sem sinais de instabilidade nos testes clínicos, queixarem-se quanto à condição funcional de seu joelho (MacDONALD *et al.*, 1996; FREMEREY *et al.*, 2000).

O aspecto da funcionalidade é um dos mais considerados na tomada de decisão clínica e na terapêutica em reabilitação, na medida em que compreende informações a respeito do desempenho do indivíduo em suas atividades de vida diária e/ou esportiva. Dentre os instrumentos de natureza subjetiva mais utilizados para analisar esse aspecto, destaca-se a Escala de Avaliação Funcional do Joelho de Lysholm (TEGNER & LYSHOLM, 1985), em virtude de sua fácil aplicação e da validade de seus resultados em relação às repercussões das lesões ligamentares do joelho (PHILLIPS *et al.*, 2000).

A literatura evidencia vários estudos que avaliaram, isoladamente ou em conjunto, a propriocepção e a função subjetiva do joelho na presença de deficiência do LCA (BARRACK *et al.*, 1989; BARRETT, 1991; CORRIGAN *et al.*, 1992; MacDONALD *et al.*, 1996; PAP *et al.*, 1999; FREMEREY *et al.*, 2000; KATAYAMA *et al.*, 2004; AGEBERG *et al.*, 2005; ROBERTS *et al.*, 2007) e/ou tardiamente após a reconstrução cirúrgica deste ligamento (BARRETT, 1991; MacDONALD *et al.*, 1996; FREMEREY *et al.*, 2000; ROBERTS *et al.*,

2000; BONFIM *et al.*, 2003; ROBERTS *et al.*, 2007), quando normalmente a reabilitação já foi finalizada.

No entanto, ainda existe uma carência de estudos que tenham investigado a acuidade proprioceptiva (associada ou não ao estudo da função subjetiva) durante o período de reabilitação inicial (primeiros três meses) após a reconstrução cirúrgica do LCA, sobretudo quando a mesma foi realizada por meio da técnica do tendão patelar autógeno (FREMEREY *et al.*, 2000; REIDER *et al.*, 2003), que é a mais comumente utilizada no ambiente cirúrgico (BARRACK *et al.*, 1997; WEST & HARNER, 2005). Estudos com tais características podem ajudar a esclarecer as repercussões iniciais deste tipo de intervenção à sensibilidade proprioceptiva, bem como as possíveis adaptações frente a esse processo, além das alterações decorridas da lesão ligamentar, já amplamente descritas na literatura.

Além disso, ainda não está clara a forma como as variáveis proprioceptivas se relacionam com as medidas de desempenho funcional de natureza subjetiva, tanto na situação de lesão do LCA, quanto após a sua reconstrução. Tal fato traz limitações consideráveis, do ponto de vista clínico, a respeito da utilização do desempenho proprioceptivo como referência ou indicativo do desempenho funcional, nas mais diversas atividades da vida diária.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a sensibilidade proprioceptiva do joelho e, de forma subjetiva, a percepção de sua função, antes e no 3º mês após a reconstrução cirúrgica unilateral do LCA, estabelecendo comparações com o membro contralateral (não-envolvido pela lesão) e com indivíduos clinicamente sadios. Também foi objetivo deste estudo investigar a relação entre as diferentes modalidades proprioceptivas utilizadas e a avaliação subjetiva da função do joelho pelo Questionário de Lysholm.

3 - OBJETIVO

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a sensibilidade proprioceptiva do joelho e, de forma subjetiva, a percepção de sua função, antes e no 3º mês após a reconstrução cirúrgica unilateral do LCA, estabelecendo comparações com o membro contralateral (não-envolvido pela lesão) e com indivíduos clinicamente sadios. Também foi objetivo deste estudo investigar a relação entre as diferentes modalidades proprioceptivas utilizadas e a avaliação subjetiva da função do joelho pelo Questionário de Lysholm.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

Casuística

Vinte e sete sujeitos do gênero masculino, sedentários ou não praticantes de atividade física regular (frequência inferior a 3 vezes por semana), com idade entre 18 e 36 anos, foram selecionados por conveniência em uma comunidade universitária e no Setor de Fisioterapia da Universidade X. Segundo os resultados obtidos na avaliação física inicial, os mesmos foram divididos em 2 grupos: indivíduos portadores de lesão do LCA, com previsão de reconstrução cirúrgica (GR) e indivíduos controle (GC).

Como critérios de inclusão dos voluntários no GR, foram consideradas: a) ruptura unilateral do LCA verificada artroscopicamente ou por ressonância magnética por imagem, e clinicamente por um sinal positivo nos testes de Lachman e de gaveta anterior; b) previsão de reconstrução do LCA utilizando a técnica do tendão patelar autógeno, a ser realizada por dois cirurgiões ortopédicos específicos e c) reabilitação similar após a cirurgia de reconstrução, incluindo o treinamento sensório-motor.

Como critérios de exclusão, foram considerados: a) história de cirurgia e/ou disfunção no joelho contralateral; b) qualquer disfunção ou cirurgia nos quadris, tornozelos ou pés e, para ambos os grupos, c) qualquer doença neurológica, cardiovascular, metabólica, reumática ou vestibular. Diante de tais critérios, dois indivíduos foram excluídos por apresentar sinais clínicos de lesão bilateral do LCA. Deste modo, o GR ficou constituído por 10 indivíduos (26,9±6,8 anos; 174,7±6,6 cm; 78,8±8,3 kg) com lesão unilateral do LCA (11,3±10,5 meses, variação de 3-32 meses) e o GC, por 15 indivíduos saudáveis (22,1±3,0 anos; 175,8±7,5 cm; 73,0±8,1 kg). No GR, 40% da amostra apresentava lesão isolada do LCA. Lesões associadas

envolveram o menisco medial (30%), ligamento colateral medial + menisco medial (20%) e menisco medial + menisco lateral (10%).

Todos os voluntários receberam explicações sobre os riscos, benefícios e procedimentos do estudo, assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, previamente à realização do mesmo. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade X (Parecer nº 211/2005).

Procedimentos

Os grupos foram avaliados em dois momentos distintos: 1) pré-operatório (GR) ou avaliação inicial (GC) e 2) 3º mês de pós-operatório (GR) ou três meses decorridos à avaliação inicial (GC). Todas as avaliações foram realizadas bilateralmente, tanto no GR, onde foi estabelecida a categorização em membro envolvido e não-envolvido pela lesão; quanto no GC, onde foram considerados os membros dominante - definido como aquele utilizado preferencialmente pelo voluntário para chutar uma bola (BOLGLA & KESKULA, 1997) - e não-dominante.

Avaliação subjetiva da função do joelho

Os voluntários foram devidamente instruídos anteriormente ao preenchimento do Questionário de Avaliação Funcional do Joelho de Lysholm (TEGNER & LYSHOLM, 1985), na sua versão traduzida (por um profissional com fluência na área) para a língua portuguesa. Trata-se de um instrumento composto por 8 itens que discorrem sobre os sinais, sintomas e a funcionalidade da articulação do joelho e que perfazem um total de 100 pontos (onde os escores mais baixos indicam menor funcionalidade), distribuídos da seguinte forma:

instabilidade (25 pontos), dor (25 pontos), edema (10 pontos), claudicação (5 pontos), bloqueio articular (15 pontos), subir escadas (10 pontos), suporte de peso (5 pontos) e agachar (5 pontos).

Avaliação da sensibilidade proprioceptiva

Os voluntários foram posicionados sentados na cadeira do dinamômetro isocinético *Biodex Multi-Joint System III Pro* (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY, USA), e estabilizados por cintos de contenção (tronco e pelve), com as articulações do quadril e do joelho à 105° e 90° de flexão, respectivamente. Para evitar estímulo cutâneo na fossa poplíteia, esta região foi posicionada a pelo menos 10 centímetros anteriormente à borda da cadeira (HIGGINS & PERRIN, 1997).

O eixo mecânico de rotação (eixo mecânico do braço de alavanca) foi alinhado ao epicôndilo lateral do fêmur e a almofada do braço de alavanca foi posicionada imediatamente acima do maléolo medial. No entanto, não houve contato direto com a pele dos voluntários, uma vez que foram utilizadas espumas para redução das aferências cutâneas neste segmento (REIDER *et al.*, 2003).

A avaliação da sensibilidade proprioceptiva consistiu na realização de três testes: percepção da posição articular durante os movimentos passivo (PPA-P) e ativo (PPA-A) e limiar de detecção do movimento passivo (LDMP). Todos os testes foram realizados bilateralmente, a uma velocidade constante de 2°/s e utilizando-se dois ângulos pré-determinados (ângulos-alvo): 30° e 60° de flexão do joelho (0°= extensão completa), em três tentativas para cada condição. A ordem de avaliação dos testes, das angulações a serem utilizadas nos membros, bem como dos membros inferiores a serem testados, foram

determinadas aleatoriamente por sorteio, exceto para o GR onde, seguindo as recomendações de Dvir (1995), foi avaliado primeiramente o membro não-envolvido.

Para a avaliação da PPA-P, a articulação do joelho foi passivamente movida pelo braço de alavanca do dinamômetro da posição inicial (90° de flexão) em direção à extensão completa (0°), até um dos ângulos-alvo de flexão do joelho (30° e 60° de flexão), onde permaneceu durante 15 segundos. Posteriormente, retornou à posição inicial de referência, permanecendo nesta posição por 8 segundos (HIGGINS & PERRIN, 1997). Em seguida, foi realizado novo movimento passivo (reposicionamento) da articulação do joelho, e os voluntários foram solicitados a interrompê-lo por meio do acionamento dispositivo de parada no momento em que identificassem o ângulo-alvo. Conforme recomendado por Barrack *et al.*, (1989), cada voluntário teve seus olhos vendados por uma máscara, para eliminação da informação visual.

A avaliação da PPA-A foi realizada de modo similar ao descrito para o movimento passivo, exceto que o reposicionamento da articulação do joelho foi realizado ativamente pelos voluntários. O movimento do braço de alavanca (produzido ativamente pelos voluntários) deveria ser interrompido pelos mesmos, por meio do acionamento do dispositivo de parada, assim que identificassem o ângulo-alvo. Nas duas modalidades de PPA, foram analisados os valores médios do erro absoluto (em graus) das três tentativas realizadas, em relação a cada ângulo-alvo.

Para a avaliação do LDMP, a articulação do joelho dos voluntários foi movida passivamente a 2°/s, a partir dos 2 ângulos pré-determinados em direção à flexão ou à extensão (direção do movimento determinada aleatoriamente). Os voluntários deveriam interromper o movimento do braço de alavanca por meio do acionamento do dispositivo de parada assim que detectassem qualquer alteração na posição do joelho. Para este teste, além da máscara para vendar os olhos, foi também utilizado um fone de ouvido conectado a uma

fonte emissora de ruído constante (LEPHART *et al.*, 1997; REIDER *et al.*, 2003), para a eliminação de informações auditivas. No LDMP, foi analisado o deslocamento angular médio (em graus) decorrido entre o início do movimento passivo e o acionamento do dispositivo de parada, para cada ângulo pré-determinado.

Análise dos dados

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o programa MINITAB 13.4 for Windows (MINITAB Inc.). As comparações intergrupos relacionadas à idade e ao perfil antropométrico foram realizadas através da estatística descritiva (média e desvio-padrão) e, respectivamente, pelos testes U de Mann-Whitney e t-Student para amostras independentes.

A análise intragrupos (GC) e intergrupos para o escore funcional do joelho (variável resposta) foi realizada por meio da análise de variância com dois fatores (JOELHO X PERÍODO – análise intragrupos e GRUPO X PERÍODO – análise intergrupos) - ANOVA TWO-WAY, com medidas repetidas para os dois fatores, enquanto a análise intragrupos (GR) foi realizada por meio da análise de variância não-paramétrica de Friedman com dois fatores (JOELHO X PERÍODO) - ANOVA de Friedman, com medidas repetidas para os dois fatores.

A análise intragrupos e intergrupos para cada variável proprioceptiva (variável resposta) foi realizada por meio da análise de variância com três fatores (JOELHO X ÂNGULO X PERÍODO – análise intragrupos e GRUPO X ÂNGULO X PERÍODO – análise intergrupos) – ANOVA THREE-WAY, com medidas repetidas para os três fatores.

Os testes para comparação múltipla de Tukey (na análise de variância convencional) e de Dunn (na análise de variância de Friedman) foram utilizados para verificar a ocorrência de diferenças específicas entre grupos, ângulos e/ou períodos, mediante a ocorrência de algum efeito ou interação significativos. As correlações entre as variáveis proprioceptivas e

funcionais foram verificadas por meio do Coeficiente de Correlação Produto-Momento de Pearson. Todas as análises utilizadas consideraram um nível máximo de significância de 5%.

5 - RESULTADOS

Os grupos apresentaram-se homogêneos quanto à idade, massa corporal e altura ($p=0,70$) – Tabela 4.

Tabela 4. Média e desvio-padrão das variáveis idade, massa corporal e altura, para os grupos reconstruído (GR) e controle (GC). $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$

	GR	GC	p valor
Idade (anos)	26,9±6,8	22,1±3,0	0,12
Massa corporal (kg)	78,8±8,3	73,0±8,1	0,14
Altura (cm)	174,7±6,6	175,8±7,5	0,70

Para as comparações que envolveram análises de variância (relacionadas ao escore funcional do joelho e às variáveis proprioceptivas), somente foram mencionados os efeitos de interação quando os mesmos apresentaram-se significativos. Da mesma forma, em qualquer situação onde houve efeito ou interação significativos, somente foram descritos os resultados dos testes de comparações múltiplas quando os mesmos tiverem indicado diferença significativa entre algum dos níveis comparados para este fator/interação.

Para o escore funcional do joelho, não foram verificados efeitos significativos para os fatores joelho ($p=0,69$) e período ($p=0,91$), no GC; ao contrário do GR, onde foi observada diferença significativa entre as combinações dos níveis dos fatores ($p=0,0001$). Tais diferenças ocorreram entre os membros envolvido e não-envolvido, tanto na avaliação inicial ($p<0,01$), quanto no 3º mês pós-cirúrgico ($p<0,01$), com o membro envolvido apresentando os menores escores (Tabela 5).

Tabela 5. Média e desvio-padrão do escore subjetivo do joelho do grupo com lesão do LCA - GR (membros envolvido e não-envolvido) e do grupo controle - GC (membros dominante e não-dominante), nos dois períodos de estudo (avaliação inicial e 3º mês). $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$

Membros	GR		GC	
	Envolvido	Não-envolvido	Dominante	Não-dominante
Av. inicial	71,8 ± 19,1	100,0 ± 0,0*	93,9 ± 7,2	95,9 ± 5,2
3º mês	71,7 ± 21,1	100,0 ± 0,0*	95,3 ± 8,1	94,9 ± 10,5

* Diferença significativa em relação ao membro envolvido, ao nível de 5%.

Considerando a ausência de diferença significativa entre os membros dominante e não-dominante (GC) e, para simplificar o tratamento estatístico dos dados, a análise intergrupos foi estabelecida entre o membro dominante (DOM) e o membro envolvido (ENV). Nesta análise, não houve efeito significativo para o fator período ($p=0,87$), ao contrário do fator grupo ($p=0,000$), onde as comparações múltiplas indicaram diferenças significativas tanto na avaliação inicial ($p=0,002$), quanto no 3º mês de pós-cirúrgico ($p=0,0008$), com o membro envolvido apresentando os menores escores (Figura 8).

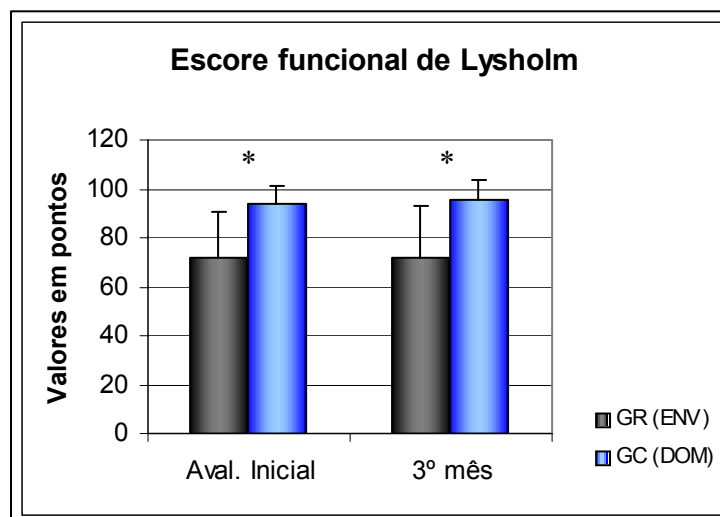


Figura 8 – Média e desvio-padrão do escore subjetivo do joelho do grupo com lesão do LCA - GR (membro envolvido - ENV) e do grupo controle - GC (membro dominante - DOM), nos dois períodos de estudo (avaliação inicial e 3º mês). $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$. *Diferença significativa ao nível de 5%.

Em relação ao LDMP, para o GC, foi observado efeito significativo para o fator período ($p=0,01$), ao contrário do ocorrido para os fatores joelho ($p=0,55$) e ângulo ($p=0,39$), enquanto para o GR não foi observado efeito significativo para os fatores joelho ($p=0,55$), ângulo ($p=0,78$) e período ($p=0,14$). Na análise intergrupos, foi observado efeito significativo apenas para o fator período ($p=0,01$), ao contrário do ocorrido para os fatores grupo ($p=0,06$) e ângulo ($p=0,44$). Embora não significativo, foram observadas tendências de maiores limiares para o membro envolvido, especialmente no ângulo de 60° (Tabela 6).

Tabela 6. Média e desvio-padrão do deslocamento angular verificado no teste do limiar de detecção do movimento passivo (LDMP) dos voluntários do grupo com lesão do LCA - GR (membros envolvido e não-envolvido) e do grupo controle - GC (membros dominante e não-dominante), nos dois períodos de estudo [avaliação inicial (0) e 3º mês (3)]. $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$

Membros	GR		GC		
	Envolvido	Não-envolvido	Dominante	Não-dominante	
LDMP	30° (0)	0,9±0,6°	1,7±2,7°	0,8±0,6°	0,7±0,4°
	30° (3)	0,7±0,6°	0,7±0,5°	0,6±0,4°	0,6±0,4°
	60° (0)	1,1±0,8°	0,9±1,0°	0,9±0,5°	0,9±0,6°
	60° (3)	0,9±0,6°	0,9±0,8°	0,5±0,3°	0,7±0,4°

Em relação à PPA-A, para o GC, foi observado efeito significativo para os fatores ângulo ($p=0,02$) e período ($p=0,04$), bem como para a interação ângulo X período ($p=0,006$), ao contrário do ocorrido para o fator joelho ($p=0,93$); enquanto para o GR não houve efeito significativo para os fatores joelho ($p=0,64$), ângulo ($p=0,07$) e período ($p=0,78$). Na análise intergrupos, foi observado efeito significativo apenas para o fator ângulo ($p=0,04$), ao contrário do ocorrido para os fatores grupo ($p=0,53$) e período ($p=0,46$) – Tabela 7.

Tabela 7. Média e desvio-padrão do erro absoluto no teste de percepção da posição articular durante o movimento ativo (PPA-A) dos voluntários do grupo com lesão do LCA - GR (membros envolvido e não-envolvido) e do grupo controle - GC (membros dominante e não-dominante), nos dois períodos de estudo [avaliação inicial (0) e 3º mês (3)]. $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$

Membros	GR		GC		
	Envolvido	Não-envolvido	Dominante	Não-dominante	
PPA-A	30° (0)	5,1±3,6°	6,0±2,2°	8,8±6,0°	8,0±4,2°
	30° (3)	6,8±2,9°	5,1±2,4°	4,7±2,3°	5,2±3,1°
	60° (0)	4,7±2,7°	5,0±4,6°	4,7±3,6°	4,7±1,7°
	60° (3)	4,5±4,3°	3,6±2,6°	4,9±4,2°	5,5±4,2°

Em relação à PPA-P, para o GC, foi observado efeito significativo para o fator ângulo ($p=0,005$), ao contrário do ocorrido para os fatores joelho ($p=0,60$) e período ($p=0,09$), enquanto para o GR não foi observado efeito significativo para os fatores joelho ($p=0,62$), ângulo ($p=0,29$) e período ($p=0,06$). Embora não significativo, foi observada tendência de menores erros absolutos para o membro envolvido após a reconstrução ligamentar, quando comparado ao período pré-operatório. Na análise intergrupos, foi verificado efeito significativo apenas para o fator período ($p=0,03$), ao contrário do ocorrido para os fatores grupo ($p=0,59$) e ângulo ($p=0,34$) – Tabela 8.

Tabela 8. Média e desvio-padrão do erro absoluto no teste de percepção da posição articular durante o movimento passivo (PPA-P) dos voluntários do grupo com lesão do LCA - GR (membros envolvido e não envolvido) e do grupo controle - GC (membros dominante e não-dominante), nos dois períodos de estudo [avaliação inicial (0) e 3º mês (3)]. $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$

Membros	GR		GC		
	Envolvido	Não-envolvido	Dominante	Não-dominante	
PPA-P	30° (0)	6,2±3,6°	6,4±2,4°	5,5±3,1°	7,4±4,1°
	30° (3)	4,3±2,4°	5,3±4,0°	5,8±3,2°	5,1±3,1°
	60° (0)	5,8±2,6°	5,0±1,9°	5,8±3,0°	4,0±1,8°
	60° (3)	3,8±3,2°	4,8±3,5°	4,3±1,4°	3,8±2,3°

Quanto à relação entre as variáveis proprioceptivas e funcionais, foi verificada correlação alta, na avaliação inicial, apenas entre o escore funcional e o LDMP a 60° no membro envolvido ($R=-0,71$, $p=0,02$). Na avaliação do 3º mês, foram observadas altas correlações apenas entre o escore funcional e o LDMP a 30° ($R=-0,78$; $p=0,008$), bem como entre o escore funcional e o erro absoluto durante a PPA-P a 30° ($R=-0,65$; $p=0,04$), também apenas para o membro envolvido. Considerando a natureza negativa de tais correlações, foi observado que: quanto maior a magnitude do erro absoluto (PPA-P) ou do deslocamento médio em relação ao ângulo de teste (LDMP), menor é a pontuação no escore funcional de Lysholm.

6 - DISCUSSÃO

A maioria dos estudos que se dedicaram à investigação da sensibilidade proprioceptiva do joelho na presença de lesão do LCA revela déficits de ordem variável no membro envolvido, quando comparado a um grupo controle externo (BARRETT, 1991; CORRIGAN *et al.*, 1992; MacDONALD *et al.*, 1996; FREMEREY *et al.*, 2000; ROBERTS *et al.*, 2000; KATAYAMA *et al.*, 2004; AGEBERG *et al.*, 2005; ROBERTS *et al.*, 2007). Embora não significativo, os resultados do presente estudo, em relação ao LDMP, indicam tendências similares, com o membro envolvido apresentando pior desempenho, especialmente no ângulo de 60°. No entanto, em relação às modalidades de PPA, nossos resultados discordam da maioria das descrições da literatura (CORRIGAN *et al.*, 1992; BORSA *et al.*, 1997; FREMEREY *et al.*, 2000; KATAYAMA *et al.*, 2004), ao não evidenciar tais tendências.

Uma das possíveis causas para esse conflito de resultados pode ocorrer em função do perfil da amostra selecionada para a participação no trabalho. Estudos prévios têm revelado que o tipo de lesão (isolada ou associada) do LCA pode afetar os pacientes de modo diferenciado, a respeito da habilidade proprioceptiva (PAP *et al.*, 1999; ROBERTS *et al.*, 2007). Nossa amostra era composta por indivíduos que apresentavam tanto a lesão na sua forma isolada, quanto associada a outras estruturas do joelho, diferentemente dos estudos acima mencionados.

Entretanto, Reider *et al.* (2003) não verificaram diferença significativa no LDMP entre pacientes com lesão do LCA nas suas formas isolada e associada (a lesões meniscais e condrais leves). Neste sentido, não podemos afirmar se realmente este fator consiste em uma das limitações do presente estudo. Contudo, essa hipótese também não pode ser descartada.

Além do perfil da amostra, diferenças quanto a outros aspectos metodológicos, tais como os tipos de testes e instrumentação utilizados para a avaliação, angulações e velocidades

angulares diferenciadas de teste, forma de análise dos resultados, utilizando variáveis e testes estatísticos diversos, tamanho reduzido da amostra utilizada, tempo médio de lesão dessa amostra, nível de concentração dos voluntários durante o teste, entre outros, podem estar relacionados a algumas dessas divergências (ROBERTS *et al.*, 2007).

Dentre esses aspectos, acredita-se que o tamanho reduzido da amostra, a heterogeneidade no tempo médio de lesão dos voluntários do GR, bem como questões referentes à instrumentação utilizada e à velocidade angular empregada nos testes; possam apresentar-se como os principais responsáveis pelo conflito de resultados.

A maioria dos estudos que examina a acuidade proprioceptiva tem utilizado métodos que envolvem a detecção do movimento passivo em velocidades angulares muito baixas - 0,1-0,5°/s – (CORRIGAN *et al.*, 1992; PAP *et al.*, 1999; PINCIVERO *et al.*, 2001; AGEBERG *et al.*, 2005), enquanto o presente estudo utilizou velocidades (pelo menos) quatro vezes superiores (velocidade mínima disponível no equipamento) o que, teoricamente, representa maior facilidade de discriminação do estímulo (AGEBERG *et al.*, 2005), inclusive nos joelhos envolvidos pela lesão.

No entanto, alguns estudos (BORSA *et al.*, 1997; KATAYAMA *et al.*, 2004) realizaram o teste de PPA-A a uma velocidade de 10°/s (portanto em velocidade cinco vezes superior a do presente estudo), e com instrumentação semelhante, sendo sensíveis o suficiente para verificar déficits bilaterais significativos no grupo com lesão do LCA. Desta forma, apesar de acreditarmos que a detecção do desempenho em testes proprioceptivos possa ser influenciada pela velocidade angular, não é possível estabelecer, com precisão, de que forma a mesma representou uma limitação do presente estudo.

Destacamos ainda, como possível fonte de limitação, a falta de precisão da instrumentação utilizada (dinamometria isocinética), capaz de mensurar valores apenas na casa de 1° (sem registros decimais), reduzindo consideravelmente a sensibilidade dos testes

proprioceptivos. Desses, o LDMP (embora sem significância estatística) parece ser o mais sensível e confiável para detectar déficits no membro envolvido pela lesão do LCA, o que se encontra de acordo com alguns estudos (ROBERTS *et al.*, 2000; REIDER *et al.*, 2003; ROBERTS *et al.*, 2007).

Outro aspecto de bastante controvérsia, porém de grande interesse clínico, refere à presença de alterações proprioceptivas bilaterais nos casos de lesão unilateral do LCA. Alguns estudos (BARRACK *et al.*, 1989; FREMEREY *et al.*, 2000) demonstraram (respectivamente) aumento significativo no erro absoluto (PPA-P) e no LDMP em joelhos com lesão isolada do LCA, quando comparados com o joelho contralateral. Nossos resultados divergem desses estudos, tendendo a concordar com outras descrições da literatura (CORRIGAN *et al.*, 1992; ROBERTS *et al.*, 2000).

Embora a importância funcional desses achados não tenha sido amplamente investigada, recomenda-se que o membro não-envolvido não deva ser utilizado como único controle para pacientes com lesão do LCA, uma vez que as informações provenientes dos receptores do ligamento também podem se projetar, via polissináptica, para os neurônios motores que inervam a musculatura contralateral à lesão. Assim, a lesão poderia influenciar, de alguma forma, o desempenho do membro contralateral (FATARELLI *et al.*, 2004).

Uma outra observação interessante refere-se à tendência de pior desempenho no LDMP a 60° de flexão do joelho (em relação ao de 30°), para ambos os grupos, o que concorda indiretamente (considerando as diferenças metodológicas) com outros estudos (BORSA *et al.*, 1997; FREMEREY *et al.*, 2000; PINCIVERO *et al.*, 2001; BONFIM *et al.*, 2003), indicando que a sensibilidade proprioceptiva, em geral, é influenciada pela posição articular e, no caso do joelho, seja mais acurada em angulações próximas da extensão completa onde, de acordo com aspectos clínicos, desempenharia o papel principal na proteção articular (FREMERREY *et al.*, 2000; BONFIM *et al.*, 2003). Há indícios de que as angulações

pertencentes aos extremos da amplitude de movimento ofereçam mais estímulos aferentes sobre a posição e o movimento do joelho, uma vez que atuam diretamente sobre um maior número de receptores articulares e cutâneos especializados para a propriocepção (FREMEREY *et al.*, 2000; PINCIVERO *et al.*, 2001), os quais teriam sido suficientes para suprir o papel que o LCA desempenha para esta condição, nos indivíduos com insuficiência deste ligamento.

Ainda não está totalmente claro se ocorre melhora proprioceptiva no período de reabilitação inicial após a reconstrução do LCA, bem como quais seriam os mecanismos responsáveis por esse processo (BARRACK *et al.*, 1997; FREMEREY *et al.*, 2000). Sabe-se que os mecanorreceptores não são encontrados no enxerto em um período inferior a 4 semanas pós-cirurgia (SHIMIZU *et al.*, 1999), e que os mesmos atingem a sua morfologia normal apenas no 3º mês (DENTI *et al.*, 1994), tendo sua função restabelecida somente após 6-18 meses (BARRACK *et al.*, 1997; OCHI *et al.*, 1999; FREMEREY *et al.*, 2000; REIDER *et al.*, 2003). Diante do exposto, as melhorias observadas no membro envolvido pela lesão do LCA (embora não significativas) não podem ser atribuídas ao processo de reinervação do enxerto, pois, do ponto de vista funcional, o mesmo se encontra ainda em seu curso inicial.

No entanto, as mesmas poderiam ocorrer em função da correção da cinemática articular alterada (REIDER *et al.*, 2003), após o procedimento de reconstrução cirúrgica, bem como de um mecanismo de compensação funcional, estimulado pelo treinamento proprioceptivo inicial, que permite maior contribuição de aferências de mecanorreceptores da cápsula articular, de outros ligamentos e dos fusos musculares (PAP *et al.*, 1999; FREMEREY *et al.*, 2000); ou ainda de um aspecto de familiarização com o teste, embora cuidados tenham sido tomados para se evitar esse tipo de efeito.

Em relação ao déficit funcional subjetivo verificado por meio do Questionário de Lysholm, foi verificado que o mesmo corrobora achados prévios da literatura (FREMEREY *et*

al., 2000; PHILLIPS *et al.*, 2000; REIDER *et al.*, 2003; AGEBERG *et al.*, 2005). Interessante observar que o mesmo ocorre apenas no membro envolvido, tanto em comparação bilateral, quanto com o grupo controle, o que aponta para dois temas de importância clínica: 1) esse questionário parece sensível (cl clinicamente) para detectar alterações na função subjetiva do joelho, embora não se tenha testado estatisticamente essa qualidade (sensibilidade) e 2) a possibilidade de o membro contralateral ser utilizado como referência para a avaliação subjetiva da função do joelho nos casos de lesão e reconstrução do LCA, ao contrário do ocorrido diante dos resultados das avaliações proprioceptivas.

Além disso, parece clara a existência de uma relação direta entre a lesão do LCA e a redução dos parâmetros de funcionalidade do joelho. Da mesma forma, o período inicial pós-reconstrução cirúrgica ainda parece representar baixa funcionalidade para o membro reconstruído⁵. Estudos prospectivos de longo-termo, que acompanhem a evolução desses casos ao longo de um número superior de meses/anos, são encorajados, no sentido de verificar o momento em que os parâmetros de funcionalidade do membro reconstruído retornam a valores similares aos do membro contralateral, ou em relação a um grupo controle (PHILLIPS *et al.*, 2000; REIDER *et al.*, 2003).

Os achados do presente estudo indicam ainda que a percepção subjetiva da capacidade funcional pode representar um importante componente dentro do conjunto de critérios gerais para a determinação do retorno à atividade. Evidentemente, a associação da avaliação da função subjetiva com outros métodos de avaliação funcional de característica objetiva (tais como os testes isocinéticos e funcionais), pode trazer contribuições fundamentais para melhor identificar a efetividade da recuperação desses indivíduos (AGEBERG *et al.*, 2005).

Embora o papel funcional da propriocepção como um mediador da lesão articular, da reabilitação e de aspectos relacionados à funcionalidade do joelho tenha sido hipotetizado, pouca evidência tem dado suporte a esta idéia (BORSA *et al.*, 1997). Fremerey *et al.* (2000)

verificaram correlações altas entre propriocepção e o nível de satisfação do paciente, após o período de reconstrução do LCA e da reabilitação, indicando que a propriocepção se relaciona melhor com a função subjetiva do joelho do que a estabilidade mecânica. Apesar das diferenças metodológicas, nossos resultados concordam com esses achados, na medida em que apontam um nível de correlação alta entre o desempenho no LDMP e o escore subjetivo do joelho, exclusivamente no membro envolvido pela lesão do LCA, nos dois períodos de estudo.

De modo geral, embora haja conflito entre os nossos resultados e os de estudos anteriores, é fundamental destacar a importância clínica da avaliação da propriocepção e do desempenho funcional, considerando que as intervenções terapêuticas devem ser planejadas e aplicadas com fundamentação científica para seu uso. No entanto, apesar de o treinamento proprioceptivo ser um dos componentes fundamentais no tratamento de lesões relacionadas ao joelho, especialmente do LCA, a avaliação dessa variável com dados objetivos raramente é realizada na prática clínica. Esse fato pode conduzir a tratamentos equivocados ou impróprios para determinado estágio de reabilitação e/ou treinamento, bem como à falta de controle dessa variável com a evolução do quadro do paciente.

7 - CONCLUSÃO

Nas condições experimentais utilizadas, os indivíduos com lesão do LCA não apresentam déficit proprioceptivo significativo em relação ao membro contralateral ou a indivíduos clinicamente saudáveis, tanto antes quanto (inicialmente) após a reconstrução cirúrgica.

Embora não significativo, de forma geral, houve discreta melhora na acuidade proprioceptiva do membro reconstruído, em relação aos valores pré-operatórios. Tal achado pode estar relacionado à melhora na estabilidade articular e a mecanismos de adaptação à intervenção cirúrgica, bem como em resposta ao período inicial de reabilitação.

No entanto, a lesão do LCA repercutiu em prejuízos funcionais subjetivos consideráveis no membro envolvido pela lesão, que persistiram ainda no 3º mês após a reconstrução cirúrgica.

Neste sentido, considerando o nível de correlação existente entre a sensibilidade proprioceptiva, em particular do LDMP, com o escore funcional do joelho, sua relevância clínica como um dos componentes de medida da função parece evidente.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. Kines.**, v. 12, p. 205-212, 2002.

AGEBERG, E.; ROBERTS, D.; HOLMSTRÖM, E.; FRIDÉN, T. Balance in single-limb stance in patients with anterior cruciate ligament injury – Relation to knee laxity, proprioception, muscle strength and subjective function. **Am. J. Sports Med.**, v. 33 (10), p. 1527-1535, 2005.

ANDERSON, J. L.; LAMB, S. E.; BARKER, K. L.; DAVIES, S.; DODD, C. A.; BEARD, C. J. Changes in muscle torque following anterior cruciate ligament reconstruction. **Acta Orthop. Scand.**, v. 73(5), p. 546-552, 2002.

BARRACK, R. L.; SKINNER, H. B.; BUCKLEY, S. L. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. **Am. J. Sports Med.**, v. 17, p. 1-6, 1989.

BARRACK, R. L.; LUND, P. J.; MUNN, B. G.; WINK, C.; HAPPEL, L. Evidence of reinnervation of free patellar tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction. **Am. J. Sports Med.**, v. 25 (2), p. 196-202, 1997.

BARRETT, D. S. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. **J. Bone Joint Surg. Br.**, v. 73-B, p. 833-837, 1991.

BODEN, B. P.; DEAN, G. S.; FEAGIN, J. A. Jr.; GARRETT, W. E. Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. **Orthopedics**, v. 23 (6), p. 573-578, 2000.

BOLGLA, L. A.; KESKULA, D. R. Reliability of lower extremity functional performance tests. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.**, v. 26 (3), p. 138-142, 1997.

BONFIM, T. R.; PACCOLA, C. A. J.; BARELA, J. A. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v. 84, p. 1217-1223, 2003.

BORSA, P. A.; LEPHART, S. M.; IRRGANG, J. J.; SAFRAN, M. R.; FU, F. H. The effects of joint position and direction of joint motion on proprioceptive sensibility in anterior cruciate ligament-deficient athletes. **Am. J. Sports Med.**, v. 25, p. 336-340, 1997.

CHAPPELL, J. D.; YU, B.; KIRKENDALL, D. T.; GARRETT, W. E. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. **Am. J. Sports Med.**, v. 30 (2), p. 261-267, 2002.

CORRIGAN, J.P.; CASHMAN, W. F.; BRADY, M. P. Proprioception in the cruciate deficient knee. **J. Bone Joint Surg. Br.**, v. 74-B, p. 247-250, 1992.

DENTI, M.; MONTELEONE, M.; BERARDI, A.; PANNI, A. S. Anterior cruciate ligament mecanoreceptors: Histologic studies on lesions and reconstruction. **Clin. Orthop. Rel. Res.**, v. 308, p. 29-32, 1994.

DVIR, Z. **Isokinetics – Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications**; Edinburgh, Churchil Livingstone, 1995.

FATARELLI, I. F. C.; ALMEIDA, G. L.; NASCIMENTO, B. G. Lesão e reconstrução do LCA: Uma revisão biomecânica e do controle motor. **Rev. Bras. Fisiot.**, v. 8(3), p. 197-206, 2004.

FREMEREY, R.W.; LOBENHOFFER, P.; ZEICHEN, J. SKUTEK, M.; BOSCH, U.; TSCHERNE, H. Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament – A prospective, longitudinal study. **J. Bone Joint Surg. Br.**, v. 82-B(6), p. 801-806, 2000.

FRIEMERT, B.; BACH, C.; SCHWARZ, W.; GERNGROSS, H.; SCHMIDT, R. Benefits for active motion for joint position sense. **Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.**, v. 4, p. 564-570, 2006.

GEORGOULIS, A. D.; PAPPA, L.; MOEBIUS, U.; MALAMOU-MITSI, V.; PAPPA, S.; PAPAGEORGIOU, C. O.; AGNANTIS, N. J.; SOUCACOS, P. N. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. **Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.**, v. 9 (6), p. 364-368, 2001.

GOOD, L.; ROOS, H.; GOTTLIEB, D. J.; RENSTROM, P. A.; BEYNNON, B. D. Joint position sense is not changed after acute disruption of the anterior cruciate ligament. **Acta Orthop. Scand.**, v. 70 (2), p. 194-198, 1999.

HIGGINS, M. J.; PERRIN, D. H. Comparison of weight-bearing and non-weight-bearing conditions on knee joint reposition sense. **J. Sport. Rehab.**, v. 6, p. 327-334, 1997.

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.**, v. 381, p. 168-76, 2000.

IWASA, J.; OCHI, M.; UCHIO, Y.; ADASHI, N.; KAWASAKI, K. Decrease in anterior knee laxity by electrical stimulation of normal and reconstructed anterior cruciate ligaments. **J. Bone Joint. Surg.**, v. 88-B, p. 477-483, 2006.

KATAYAMA, M.; HIGUCHI, H.; KIMURA, M.; KOBAYASHI, A.; HATAYAMA, K.; TERAUCHI, M.; TAKAGISHI, K. Proprioception and performance after anterior cruciate ligament rupture. **Int. Orthop.**, v. 28 (5), p. 278-281, 2004.

KEAYS, S. L.; BULLOCK-SAXTON, J. E.; NEWCOMBE, P.; KEAYS, A. C. The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. **J. Orthop. Res.**, v. 21, p. 231-237, 2003.

KONISHI, Y.; AIHARA, Y.; SAKAI, M.; OGAWA, G.; FUKUBAYASHI, T. Gamma loop dysfunction in the quadriceps femoris of patients who underwent anterior cruciate ligament reconstruction remains bilaterally. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v. , p. 1-7, 2006.

JOHANSSON, H.; SJOLANDER, P.; SOJKA, P. A sensory role for the cruciate ligaments. **Clin. Orthop. Relat. Res.**, v. 268, p. 161-178, 1991.

LEPHART, S. M.; PERRIN, D. H.; FU, F. H.; GIECK, J. H.; McCUE, F. C.; IRRGANG, J. J. Relationship between selected physical characteristics and functional capacity in the anterior cruciate ligament-insufficient athlete. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.**, v. 16 (4), p. 174-181, 1992.

LEPHART, S. M.; KOCHER, M. S.; HARNER, C. D.; FU, F. H. Quadriceps strength and functional capacity after anterior cruciate ligament reconstruction – Patellar tendon autograft versus allograft. **Am. J. Sports Med.**, v. 21 (5), p. 738-743, 1993.

LEPHART, S. M.; PINCIVERO, D. M.; GIRALDO, J. L.; FU, F. H. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. **Am. J. Sports Med.**, v. 25 (1), p. 130-137, 1997.

MacDONALD, P. B.; HEDDEN, D.; PACIN, O.; SUTHERLAND, K. Proprioception in anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees. **Am. J. Sports Med.**, v. 24 (6), p. 774-778, 1996.

MORRISSEY, M. C.; HOOPER, D. M.; DRECHSLER, W. I.; HILL, H. J. Relationship of leg muscle strength and knee function in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v. 14, p. 360-366, 2004.

O'BRIEN, S. J.; WARREN, R. F.; PAVLOV, H.; PANARIELLO, R.; WICKIEWICZ, T. L. Reconstruction of the chronically insufficient anterior cruciate ligament with the central third of the patellar ligament. **J. Bone Joint Surg.**, v. 73-A, p. 278-286, 1991.

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.**, v. 81 (5), p. 902-906, 1999.

O'CONNELL, M.; GEORGE, K.; STOCK, D. Postural sway and balance testing: a comparison of normal and anterior cruciate ligament deficient knees. **Gait and Posture**, v. 8, p. 136-142, 1998.

PAP, G.; MACHNER, A.; NEBELUNG, W.; AWISZUS, F. Detailed analysis of proprioception in normal and ACL-deficient knees. **J. Bone Joint Surg. Br.**, v. 81-B, p. 764-768, 1999.

PERRIN, D. H. Reliability of isokinetic measures. **Athletic Training**, v. 21 (4), p. 319-321, 1986.

PHILLIPS, N.; BENJAMIN, M.; EVERETT, T.; VAN DEURSEN, R. W. M. Outcome and progression measures in rehabilitation following anterior cruciate ligament injury. **Phys. Ther. Sport**, v. 1, p. 106-118, 2000.

PINCIVERO, D. M.; BACHMEIER, B.; COELHO, A. J. The effects of joint angle and reliability on knee proprioception. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v. 33 (10), p. 1708-1712, 2001.

PIRIYAPRASARTH, P.; MORRIS, M. E. Psychometric properties of measurement tools for quantifying knee joint position and movement: a systematic review. **The Knee**, v. 14, p. 2-8, 2007.

REIDER, B.; ARCAND, M. A.; DIEHL, L. H.; MROCZEK, K.; ABULENCIA, A.; STROUD, C. et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. **J. Arthrosc. Rel. Surg.**, v. 19 (1), p. 2-12, 2003.

REINKING, M. F.; BOCKRATH-PUGLIESE, K.; WORRELL, T.; KEGERREIS, R. L.; MILLER-SAYERS, K.; FARR, J. Assessment of quadriceps muscle performance by hand-held, isometric, and isokinetic dynamometry in patients with knee dysfunction. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.**, v. 24 (3), 154-159, 1996.

ROBERTS, D.; FRIDÈN, T.; STOMBERG, A.; LINDSTRAND, A.; MORITZ, U. Bilateral proprioceptive defects in patients with unilateral anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between patients and healthy individuals. **J. Orthop. Res.**, v. 18 (4), p. 565-571, 2000.

ROBERTS, D.; AGEBERG, E.; ANDERSON, G.; FRIDÈN, T. Clinical measurements of proprioception, muscle strength and laxity in relation to function in the ACL-injured knee. **Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.**, v. 15 (1), p. 9-16, 2007.

RUDOLPH, K. S.; AXE, M. J.; BUCHANAN, T. S.; SCHOLZ, J. P.; SNYDER-MACKLER, L. Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee. **Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.**, v. 9, p. 62-71, 2001.

SERNERT, N.; KARTUS, J.; KÖHLER, K.; STENER, S.; LARSSON, J.; ERIKSSON, B. I.; KARLSSON, J. Analysis of subjective, objective and functional examination tests after

anterior cruciate ligament reconstruction – A follow-up of 527 patients. **Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.**, v. 7, p. 160-165, 1999.

SHELBOURNE, K. D.; WHITAKER, H. J.; McCARROLL, J. R.; RETTIG, A.; HIRSCHMAN, L. Evaluation of intra-articular reconstruction of acute tears without repair. Two to seven year follow-up of 155 athletes. **Am. J. Sports Med.**, v. 18, p. 484-489, 1990.

SHELBOURNE, K. D.; URCH, S. E. Primary anterior cruciate ligament reconstruction using the contralateral autogenous patellar tendon. **Am. J. Sports Med.**, v. 28 (5), p. 651-658, 2000.

SHIMIZU, T.; TAKAHASHI, T.; WADA, Y.; TANAKA, M.; MORISAWA, Y.; YAMAMOTO, H. Regeneration process of mecanoreceptors in the reconstructed anterior cruciate ligament. **Arch. Orthop. Trauma Surg.**, v. 119, p. 405-409, 1999.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. Control of posture and balance. In: **Motor Control: Theory and Practical Applications**. Baltimore. Williams & Wilkins; p. 120-121, 1995.

TEGNER, Y.; LYSHOLM, J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. **Clin. Orthop. Rel. Res.**, v. 118, p. 43-49, 1985.

TSUDA, E.; ISHIBASHI, Y.; OKAMURA, Y.; TOH, S. Restoration of anterior cruciate ligament-hamstring arc reflex after anterior cruciate ligament reconstruction. **Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.**, v. 11, p. 63-67, 2003.

WEITZEL, P. P.; RICHMOND, J. C. Critical evaluation of different scoring systems of the knee. **Sports Med. Arthrosc. Rev.**, v. 10, p. 183-190, 2002.

WEST, R. V.; HARNER, C. D. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. **J. Am. Acad. Orthop. Surg.**, v. 13 (3), p. 197-207, 2005.

WILK, K. E.; ROMANIELLO, W. T.; SOSCIA, S. M.; ARRIGO, C. A.; ANDREWS, J. R. The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.**, v. 20 (2), p. 60-73, 1994.

WOJTYS, E. M.; HUSTON, L. J. Longitudinal effects of anterior cruciate ligament injury and patellar tendon autograft reconstruction on neuromuscular performance. **Am. J. Sports Med.**, v. 28 (3), p. 336-344, 2000.

YU, B.; KIRKENDALL, D. T.; GARRETT, W. E. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: anatomy, physiology and motor control. **Sports Med. Arthrosc. Rev.**, v. 10, p. 58-68, 2002.

APÊNDICE I



FICHA DE AVALIAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA

Data da avaliação: _____

Examinador(es): _____

IDENTIFICAÇÃO

Nome: _____

Código: _____

Data de nascimento: _____

Sexo: (M) (F)

Raça: (B) (N) (A) (P)

ANAMNESE

Queixa Principal: _____

História Progressiva/História da Moléstia Atual: _____

Exames Complementares (tipo de exame - data de realização – conclusão/laudo clínico): _____

Uso de Órteses () _____

Uso de Medicamentos () _____

Afecção sistêmica, neurológica, cardiovascular, respiratória, metabólica, reumática ou vestibular ()

Atividade Física () Modalidade: _____

Tempo de prática: _____

Freqüência: _____

LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO
EM ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA

EXAME FÍSICO

Altura: _____ m

Peso: _____ kg

IMC: _____ kg/cm²

PA: _____ mmHg

FC: _____ bpm

FR: _____ rpm

Dominância - MMSS – () D () E () Ambidestro

Dominância – MMII - () D () E () Ambidestro

Presença de dor na articulação do joelho? () Joelho D () Joelho E

Sem dor

Pior dor
possível

AVALIAÇÃO POSTURAL

VISTA ANTERIOR

VISTA LATERAL

VISTA POSTERIOR

PERIMETRIA DA MUSCULATURA DA COXA

Obs. - A partir da interlinha articular	MEMBRO INFERIOR DIREITO	MEMBRO INFERIOR ESQUERDO
10 cm		
25 cm		

LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO
EM ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA

JOELHO – TESTES ESPECIAIS		
	MEMBRO INFERIOR DIREITO	MEMBRO INFERIOR ESQUERDO
GAVETA ANTERIOR	Rot. Neutra – Rot. Interna – Rot. Externa –	Rot. Neutra – Rot. Interna – Rot. Externa –
GAVETA POSTERIOR	Rot. Neutra – Rot. Interna –	Rot. Neutra – Rot. Interna –
TESTE DE LACHMAN		
DESLOCAMENTO-PIVÔ		
“JERK TEST”		
Mc MURRAY		
TESTE DE APLEY	Compressão () Tração ()	Compressão () Tração ()
STRESS VALGO (0° e 30°)		
STRESS VARO (0° e 30°)		
SINAL DE ROMBERG		

PROVAS DE RETRAÇÃO MUSCULAR		
	MEMBRO INFERIOR DIREITO	MEMBRO INFERIOR ESQUERDO
GASTROCNÊMIO		
ISQUIOTIBIAIS		
PROVA DE THOMAS	() Reto da coxa () Iliopsoas	() Reto da coxa () Iliopsoas

LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO
EM ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA

PROVAS DE FORÇA MUSCULAR		
	MEMBRO INFERIOR DIREITO	MEMBRO INFERIOR ESQUERDO
FLEXORES DO QUADRIL		
EXTENSORES DO QUADRIL		
ADUTORES DO QUADRIL		
ABDUTORES DO QUADRIL		
QUADRÍCEPS DA COXA		
ISQUIOTIBIAIS		

APÊNDICE II



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO
EM ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA**

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão
Rod. Washington Luís, km 235 – CEP: 13565-905
Tel. (16) 3351-8754
E-mail: fserrao@power.ufscar.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Consentimento formal de participação no trabalho: **“Avaliação prospectiva da propriocepção, do controle postural e do desempenho funcional antes e durante o período de reabilitação após a reconstrução do ligamento cruzado anterior”**

Responsáveis:

- Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão – Departamento de Fisioterapia – UFSCar
- Ft. Daniel Ferreira Moreira Lobato – Programa de Pós-graduação em Fisioterapia – UFSCar
- Viviane Nakanishi – Graduanda do Curso de Fisioterapia – UFSCar
- Camila Shibuya – Graduanda do Curso de Fisioterapia - UFSCar

Eu, _____, RG N° _____, residente à _____ nº _____, bairro _____, na cidade de _____, estado _____, declaro ser conhecedor das condições sob as quais me submeterei no experimento supracitado, proposto pelo Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão, detalhadas a seguir:

a) Este trabalho tem como objetivo: a) avaliar a propriocepção da articulação do joelho, ou seja, a capacidade de perceber a sensação tanto de posição quanto de movimento da perna em relação à coxa; b) o controle postural, representado pela capacidade de manter a postura em pé, apoiado em apenas uma perna (apoio simples), associado à investigação da atividade elétrica de alguns músculos que são responsáveis pela manutenção dessa postura; c) o desempenho em testes de força muscular e em testes funcionais (deslocamentos rápidos e saltos) e d) a função subjetiva (segundo as minhas próprias impressões) de meu joelho antes e durante o período de reabilitação após a reconstrução cirúrgica do ligamento cruzado anterior.

b) Inicialmente, serei submetido (a) a uma avaliação fisioterapêutica para a minha inclusão ou não na amostra, bem como para a minha caracterização dentro de um dos grupos de estudo.

c) Se selecionado, participarei da Pesquisa, que constará de uma avaliação proprioceptiva e de força muscular no dinamômetro isocinético Biodex Multi Joint System III Pro (*Biodex Medical System Inc.*), uma avaliação do controle postural associada à eletromiografia de superfície em uma plataforma de forma Bertec 4060 (*Bertec Corporation, Worthington, Ohio, USA*) acoplada a um eletromiógrafo EMG-8 (*EMG System do Brasil Ltda.*), além de ser avaliado

em uma série de testes funcionais (“shuttle run” ou corrida em deslocamento anterior, “carioca” ou corrida em deslocamento lateral com passos cruzados, salto simples em distância e salto vertical sobre uma perna) e por um questionário funcional (Lysholm), ambos relacionados à avaliação funcional da articulação do joelho.

d) Os dados e imagens obtidos neste trabalho serão mantidos em sigilo e não poderão ser consultados por outras pessoas sem a minha autorização por escrito. No entanto, poderão ser utilizados para fins científicos, desde que resguardada a minha privacidade.

e) Estou ciente de que minha participação no presente estudo não envolve qualquer tipo de risco, sob qualquer condição. Ainda assim, na hipótese de riscos não previstos e caso seja necessário, os próprios pesquisadores se responsabilizam pelas condutas de primeiros socorros, bem como por qualquer tipo de tratamento fisioterapêutico como resultado de dano físico.

f) A minha participação no presente estudo é estritamente voluntária. Portanto, não receberei qualquer forma de reembolso ou remuneração pela participação no experimento, porém serei incluído nos agradecimentos, quando da publicação futura deste trabalho e de seus seguimentos. Os resultados obtidos serão propriedades exclusivas dos pesquisadores, podendo ser divulgados de quaisquer forma, a critério dos mesmos.

g) Como benefício direto, estarei ciente do estado funcional da minha articulação do joelho ao longo do período de um ano, sendo que os resultados dos testes serão disponibilizados para mim ao final do estudo.

h) A minha recusa em participar do procedimento não me trará qualquer prejuízo, estando livre para abandonar o experimento a qualquer momento.

Eu li e entendi todas as informações contidas neste documento, assim como as da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

São Carlos, _____ de _____ de 2006 .

Assinatura do Voluntário

Responsáveis pelo Projeto:

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão
Coordenador do Projeto

Ft. Daniel Ferreira Moreira Lobato
Aluno de Pós-graduação

Viviane Nakanishi
Aluna de Graduação

Camila Shibuya
Aluna de Graduação

APÊNDICE III

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE LYSHOLM

Nome: _____ Idade: _____

Data da cirurgia: _____ Data da avaliação: _____

() Aval. inicial () 3º mês () 6º mês () 9º mês () 12º mês

ASSINALE A ALTERNATIVA QUE MELHOR REPRESENTA OS SINAIS E/OU
SINTOMAS PRESENTES EM SEU JOELHO NO MOMENTO ATUAL

MANCAR (CLAUDICAR)	
Nunca	5
Leve ou periodicamente	3
Intenso e constantemente	0

APOIO	
Nenhum	5
Bengala ou muleta	2
Impossível	0

TRAVAMENTO (BLOQUEIO)	
Nenhum travamento ou sensação de travamento	15
Tem a sensação, mas sem travamento	10
Travamento ocasional	6
Freqüente	2
Articulação (junta) travada no exame	0

INSTABILIDADE	
Nunca falseia	25
Raramente, durante atividades atléticas ou outros exercícios pesados	20
Freqüentemente durante atividades atléticas ou outros exercícios pesados (ou incapaz de participação)	15
Ocasionalmente em atividades diárias	10
Freqüentemente em atividades diárias	5
Em cada passo	0

DOR	
Nenhuma	25
Inconstante ou leve durante exercícios pesados	20
Marcada durante exercícios pesados	15
Marcada durante ou após caminhar mais do que 2 km	10
Marcada durante ou após caminhar menos do que 2 km	5
Constante	0

INCHAÇO	
Nenhum	10
Com exercícios pesados	6
Com exercícios comuns	2
Constante	0

SUBINDO ESCADAS	
Nenhum problema	10
Levemente prejudicado	6
Um degrau de cada vez	2
Impossível	0

AGACHAMENTO	
Nenhum problema	5
Levemente prejudicado	4
Não além de 90 graus	2
Impossível	0

PONTUAÇÃO TOTAL =

QUADRO DE PONTUAÇÃO		
91-100 pontos	EXCELENTE	()
82-90 pontos	BOM	()
60-81 pontos	RAZOÁVEL	()
< 60 pontos	RUIM	()

APÊNDICE IV

FICHA DE AVALIAÇÃO PROPRIOCEPTIVA – BIODEX

Nome:
Idade:
Membro envolvido:

Altura (cm):
Membro dominante:

Identificação:
Peso (kg):
Data do teste:

LIMIAR DE DETECÇÃO DO MOVIMENTO PASSIVO				
Ordem dos membros	MI _____		MI _____	
Ordem das angulações				
Ângulo-alvo	30° de flexão	60° de flexão	30° de flexão	60° de flexão
Limiar de detecção 01				
Limiar de detecção 02				
Limiar de detecção 03				
Média				

PERCEÇÃO DA POSIÇÃO ARTICULAR REPOSICIONAMENTO ATIVO				
Ordem dos membros	MI _____		MI _____	
Ordem das angulações				
Ângulo-alvo	30° de flexão	60° de flexão	30° de flexão	60° de flexão
Reposicionamento 01				
Reposicionamento 02				
Reposicionamento 03				
Média				
Erro padrão absoluto				
Erro padrão relativo				
Média do EP absoluto				
Média do EP relativo				

PERCEÇÃO DA POSIÇÃO ARTICULAR REPOSICIONAMENTO PASSIVO				
Ordem dos membros	MI _____		MI _____	
Ordem das angulações				
Ângulo-alvo	30° de flexão	60° de flexão	30° de flexão	60° de flexão
Reposicionamento 01				
Reposicionamento 02				
Reposicionamento 03				
Média				
Erro padrão absoluto				
Erro padrão relativo				
Média do EP absoluto				
Média do EP relativo				

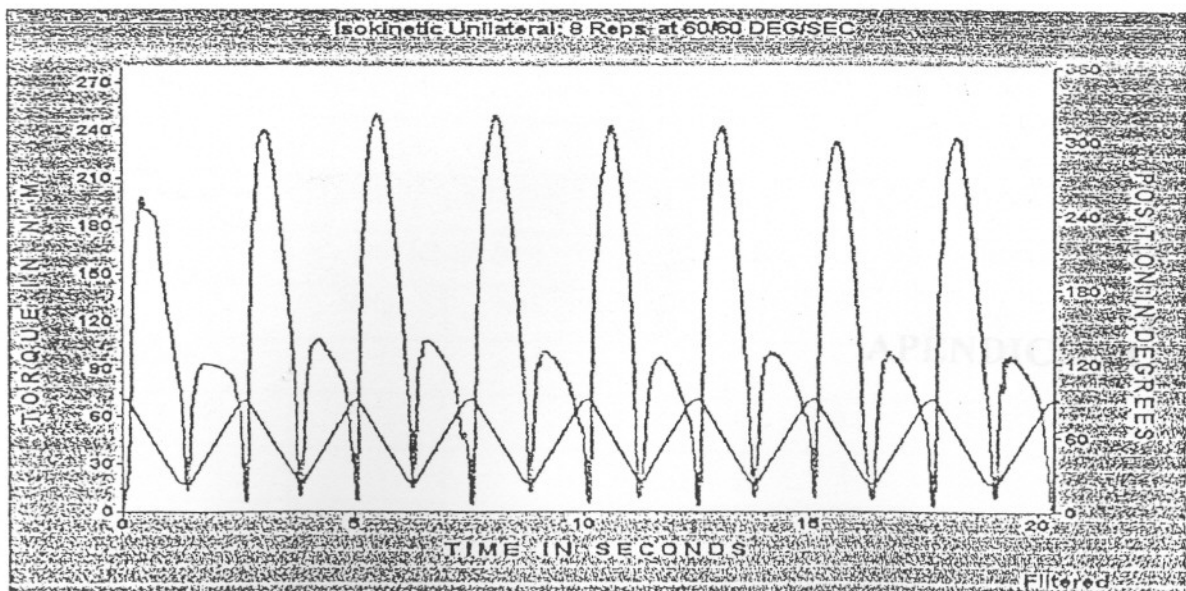
APÊNDICE V

Comprehensive Evaluation

70

Name:	Session:	1/10/2006 10:59:21	Windowing:	None
ID: 18918319	Involved:	Left	Protocol:	Isokinetic Unilateral
Birth Date: 17/6/1971 (d/M/yyyy)	Clinician:	Daniel	Pattern:	Extension/Flexion
Ht: 175	Referral:		Mode:	Isokinetic
Wt: 89.2	Joint:	Knee	Contraction:	CON/CON
Gender: Male	Diagnosis:	LCA + MM	GET:	10 N-M at 60 Degrees

		EXTENSION 60 DEG/SEC	FLEXION 60 DEG/SEC
Side: RIGHT			
# OF REPS: 8			
PEAK TORQUE	N-M	250.0	108.2
PEAK TQ/BW	%	281.0	121.6
TIME TO PK TQ	MSEC	430.0	370.0
ANGLE OF PK TQ	DEG	63.0	44.0
TORQ @ 30.0 DEG	N-M	114.3	91.2
TORQ @ 0.18 SEC	N-M	209.7	101.4
COEFF. OF VAR.	%	7.0	5.2
MAX REP TOT WORK	J	216.3	103.6
MAX WORK REP #	#	3	3
WRK/BODYWEIGHT	%	243.1	116.4
TOTAL WORK	J	1608.9	781.5
WORK FIRST THIRD	J	560.3	297.0
WORK LAST THIRD	J	477.5	234.3
WORK FATIGUE	%	14.8	21.1
AVG. POWER	WATTS	161.2	75.4
ACCELERATION TIME	MSEC	20.0	30.0
DECELERATION TIME	MSEC	140.0	150.0
ROM	DEG	69.2	
AVG PEAK TQ	N-M	236.3	100.7
AGON/ANTAG RATIO	%	43.3	G: 61.0



APÊNDICE VI

DESEMPENHO EM TESTES FUNCIONAIS

Nome: _____ Idade: _____

Data da cirurgia: _____ Data da avaliação: _____

() Aval. inicial () 3º mês () 6º mês () 9º mês () 12º mês

TESTES DE AGILIDADE E DESLOCAMENTO

	“SHUTTLE RUN”			“CARIOCA”		
	TEMPO (s)	DOR	INSTABILIDADE	TEMPO (s)	DOR	INSTABILIDADE
1ª TENTATIVA		()	()		()	()
2ª TENTATIVA		()	()		()	()
3ª TENTATIVA		()	()		()	()
MÉDIA		()	()		()	()

TESTES DE FORÇA E SALTO

SALTO SIMPLES EM DISTÂNCIA – OLHOS ABERTOS						
	DISTÂNCIA (cm)		DOR		INSTABILIDADE	
	MID	MIE	MID	MIE	MID	MIE
1ª TENTATIVA			()	()	()	()
2ª TENTATIVA			()	()	()	()
3ª TENTATIVA			()	()	()	()
MÉDIA			()	()	()	()

SALTO SIMPLES EM DISTÂNCIA – OLHOS FECHADOS						
	DISTÂNCIA (cm)		DOR		INSTABILIDADE	
	MID	MIE	MID	MIE	MID	MIE
1ª TENTATIVA			()	()	()	()
2ª TENTATIVA			()	()	()	()
3ª TENTATIVA			()	()	()	()
MÉDIA			()	()	()	()

SALTO VERTICAL SOBRE UMA PERNA – OLHOS ABERTOS						
	DISTÂNCIA (cm)		DOR		INSTABILIDADE	
	MID	MIE	MID	MIE	MID	MIE
1ª TENTATIVA			()	()	()	()
2ª TENTATIVA			()	()	()	()
3ª TENTATIVA			()	()	()	()
MÉDIA			()	()	()	()

SALTO VERTICAL SOBRE UMA PERNA – OLHOS FECHADOS						
	DISTÂNCIA (cm)		DOR		INSTABILIDADE	
	MID	MIE	MID	MIE	MID	MIE
1ª TENTATIVA			()	()	()	()
2ª TENTATIVA			()	()	()	()
3ª TENTATIVA			()	()	()	()
MÉDIA			()	()	()	()

ANEXO I

CAAE 0094.0.135.000-05

Título do Projeto: Avaliação Prospectiva da Propiciação, do Controle Postural e do Desempenho Funcional Antes e Durante o Período de Reabilitação Após a Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior

Classificação: Grupo III

Pesquisadores (as): Fábio Viadanna Serrão, Daniel Ferreira Moreira Lobato (orientando), Camila Shibuya (orientando), Viviane Nakanishi (orientanda)

Parecer Nº 211/2005

1. Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 - Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a outros grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em ___/___/___ e ao término do estudo.

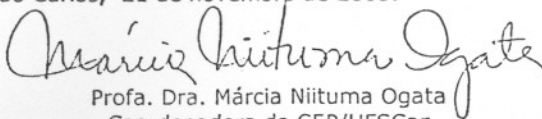
2. Avaliação do projeto

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU: O estudo demonstra ter um objetivo central bem definido, que é de "Avaliar o torque da musculatura da coxa (quadríceps e isquiotibiais), a propriocepção, o controle postural e a funcionalidade da articulação do joelho, antes da cirurgia de reconstrução do LCA e após 3, 6, 9 e 12 meses do pós-operatório", além de ter uma metodologia bem descrita e delimitada.

3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 21 de novembro de 2005.



Prof. Dra. Márcia Niituma Ogata
Coordenadora do CEP/UFSCar

ANEXO II

ANEXO II

RBF 005 2007

São Carlos, 30 de janeiro de 2007.

Ilmos. Srs.

Daniel Ferreira Moreira Lobato

Viviane Nakanishi

Camila Shibuya

Benedito Galvão Benze

Alexandre Terruggi-Junior

Rodrigo Bezerra de Menezes Reiff

Fabio Viadanna Serrão

Ref. Manuscrito 020/2007 – Avaliação subjetiva da função do joelho e da sensibilidade proprioceptiva antes e após a reconstrução do ligamento cruzado anterior.

Prezados Senhores

Informamos V.Sas. que o artigo acima foi submetido para publicação Revista Brasileira de Fisioterapia na data de hoje.

Atenciosamente.

Dormélia Pereira Cazella

Secretária Executiva

Revista Brasileira de Fisioterapia

**AVALIAÇÃO SUBJETIVA DA FUNÇÃO DO JOELHO E DA SENSIBILIDADE
PROPRIOCEPTIVA ANTES E APÓS A RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR**

DANIEL FERREIRA MOREIRA LOBATO¹, VIVIANE NAKANISHI¹, CAMILA
SHIBUYA¹, BENEDITO GALVÃO BENZE², ALEXANDRE TERRUGGI-JUNIOR³,
RODRIGO BEZERRA DE MENEZES REIFF³, FÁBIO VIADANNA SERRÃO¹

¹Departamento de Fisioterapia - Universidade Federal de São Carlos – São Carlos (SP)

²Departamento de Estatística – Universidade Federal de São Carlos – São Carlos (SP)

³Cirurgiões ortopédicos

Correspondência para: Fábio Viadanna Serrão, Universidade Federal de São Carlos -
Departamento de Fisioterapia - Rodovia Washington Luís, km 235, Caixa Postal 676,
CEP:13565-905, São Carlos - SP, Brasil.

Tel.: (16) 3351-8754. Fax: (16) 3361-2081, e-mail: fserrao@power.ufscar.br

Título para as páginas do artigo: Propriocepção na lesão do ligamento cruzado anterior

Running title: Proprioception in anterior cruciate ligament injury

Palavras-chave: ligamento cruzado anterior, propriocepção, medidas de desempenho
funcional, isocinética.

Key words: anterior cruciate ligament, proprioception, functional outcome measures,
isokinetics

RESUMO

Objetivo: Avaliar a sensibilidade proprioceptiva e a função subjetiva do joelho em indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior (LCA), antes e após (3 meses) a reconstrução cirúrgica pelo terço médio do tendão patelar autógeno; e em indivíduos controle. Método: Dez voluntários com lesão unilateral do LCA ($26,9 \pm 6,8$ anos) – grupo reconstruído - e quinze clinicamente saudáveis ($22,1 \pm 3,0$ anos) - grupo controle - realizaram uma avaliação proprioceptiva (percepção da posição articular – PPA - durante os movimentos ativo e passivo, limiar de detecção do movimento passivo – LDMP) no dinamômetro isocinético *Biodex Multi-Joint System III Pro*, a $2^\circ/s$ e em dois ângulos-alvo (30° e 60° de flexão do joelho). As variáveis estudadas foram o deslocamento angular médio (LDMP) e o erro absoluto (PPA) em relação a cada ângulo-alvo. A função subjetiva do joelho foi avaliada por meio da Escala de Lysholm. Resultados: A análise de variância indicou déficit funcional subjetivo no membro envolvido, comparado ao membro contralateral, bem como em relação ao grupo controle, nos dois períodos de teste ($p < 0,01$). Embora não significativo, os resultados indicaram tendência de maior LDMP para o grupo reconstruído ($p = 0,06$). Não houve diferença significativa entre os grupos quanto à média de erro absoluto ($p > 0,05$), para qualquer uma das modalidades de PPA, ângulos-alvo ou períodos considerados. O LDMP apresentou forte correlação com o escore funcional do joelho (apenas para o membro envolvido). Conclusão: Nas condições experimentais utilizadas, os indivíduos com lesão do LCA não apresentaram déficits proprioceptivos significativos em relação ao grupo controle, apesar das limitações funcionais verificadas subjetivamente.

Palavras-chave: ligamento cruzado anterior, propriocepção, medidas de desempenho funcional, isocinética.

ABSTRACT

Evaluation of subjective knee function and proprioception sensitivity before and after the anterior cruciate ligament reconstruction

Objective: To evaluate knee proprioception and subjective knee function in subjects who had an anterior cruciate ligament (ACL) injury, before and after (3 months) the reconstruction surgery with the middle third of patellar tendon autograft; and in control subjects. Methods: Ten volunteers who had unilateral ACL injury (26.9 ± 6.8 years) – reconstructed group - and fifteen health volunteers (22.1 ± 3.0 years) – control group – performed a proprioceptive evaluation (joint position sense - JPS – during active and passive movements, threshold for detection of passive movement – TDPM) on a *Biodex Multi-Joint System III Pro* isokinetic dynamometer, at $2^\circ/s$ and at two target-angles (30° and 60° of knee flexion). The variables analyzed were the mean of angular displacement (TDPM) and the mean of absolute error (JPS) in relation to each target-angle. The subjective knee function was evaluated by Lysholm scale. Results: The analyses of variance showed subjective functional deficit in involved limb, compared to the uninvolved limb, as well as in relation to the control group, in both test moments ($p < 0.01$). Although no significant, the results showed a tendency for higher TDPM in the reconstructed group ($p = 0.06$). There was no significant difference in the mean of absolute error between the groups ($p > 0.05$), for any modality of JPS, target-angles or test moments. The TDPM showed strong correlation with the subjective knee functional score (just in the involved limb). Conclusion: Under the experimental conditions utilized, the subjects who had an anterior cruciate ligament injury didn't show proprioceptive deficits in relation to the control group, although of the subjective functional limitations presented.

Key-words: anterior cruciate ligament, proprioception, functional outcome measures, isokinetics.

INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm evidenciado que, além de apresentar função mecânica na estabilização articular, o ligamento cruzado anterior (LCA) possui um papel importante na propriocepção e no controle da postura e do movimento, por meio do fornecimento de “feedback” neurológico que atua mediando diretamente a percepção da posição articular, o limiar de detecção do movimento passivo e a estabilização muscular reflexa da articulação¹⁻³.

Deste modo, além de diminuir a estabilidade mecânica estática do joelho, a lesão do LCA também pode repercutir negativamente sobre o sistema de estabilização articular dinâmica^{1,4}, levando a uma instabilidade funcional desta articulação, com possível prejuízo das atividades esportivas e da vida diária^{5,6}. Tal fato tem direcionado os programas atuais de reabilitação a focar não apenas a restauração da amplitude de movimento e a recuperação da força muscular, mas também o restabelecimento da propriocepção e do controle postural ao mesmo nível anterior à lesão, por meio do treinamento sensório-motor e funcional^{6,7}.

No entanto, sabe-se que esse processo é dependente da reinervação do enxerto e vários estudos histológicos, tanto em animais⁸⁻¹⁰, quanto em humanos^{8,11}, bem como estudos de natureza eletro-fisiológica^{9,12}, vêm sendo desenvolvidos para analisar a sua ocorrência. Foi observado que, já no 3º mês de pós-cirúrgico, os mecanorreceptores no enxerto ligamentar já apresentam sua morfologia normal⁸. Entretanto, a significância funcional desse processo, bem como os seus efeitos diretos sobre a acuidade proprioceptiva, ainda não foram adequadamente elucidados^{9,10}. Existem indicações de que a função desses mecanorreceptores é restabelecida somente após cerca de 6 a 18 meses à cirurgia de reconstrução^{5,7,9,12}. Ainda assim, algum déficit proprioceptivo pode persistir, pois muitos dos mecanorreceptores e conexões nervosas originais não são restaurados^{2,9}, podendo resultar na perda parcial da informação aferente dos mecanorreceptores do ligamento². Estas alterações poderiam explicar o fato de alguns

pacientes, mesmo quando submetidos a uma reconstrução cirúrgica adequada e sem sinais de instabilidade nos testes clínicos, queixarem-se quanto à condição funcional de seu joelho^{7,13}.

O aspecto da funcionalidade é um dos mais considerados na tomada de decisão clínica e na terapêutica em reabilitação, na medida em que compreende informações a respeito do desempenho do indivíduo em suas atividades de vida diária e/ou esportiva. Dentre os instrumentos de natureza subjetiva mais utilizados para analisar esse aspecto, destaca-se a Escala de Avaliação Funcional do Joelho de Lysholm¹⁴, em virtude de sua fácil aplicação e da validade de seus resultados em relação às repercussões das lesões ligamentares do joelho¹⁵.

A literatura evidencia vários estudos que avaliaram, isoladamente ou em conjunto, a propriocepção e a função subjetiva do joelho na presença de deficiência do LCA^{3,7,13,16-21} e/ou tardiamente após a reconstrução cirúrgica deste ligamento^{7,13,16,18,22,23}, quando normalmente a reabilitação já foi finalizada. No entanto, ainda existe uma carência de estudos que tenham investigado a acuidade proprioceptiva (associada ou não ao estudo da função subjetiva) durante o período de reabilitação inicial (primeiros três meses) após a reconstrução cirúrgica do LCA, sobretudo quando a mesma foi realizada por meio da técnica do tendão patelar autógeno^{5,7}, que é a mais comumente utilizada no ambiente cirúrgico^{9,24}. Estudos com tais características podem ajudar a esclarecer as repercussões iniciais deste tipo de intervenção à sensibilidade proprioceptiva, bem como as possíveis adaptações frente a esse processo, além das alterações decorridas da lesão ligamentar, já amplamente descritas na literatura.

Além disso, ainda não está clara a forma como as variáveis proprioceptivas se relacionam com as medidas de desempenho funcional de natureza subjetiva, tanto na situação de lesão do LCA, quanto após a sua reconstrução. Tal fato traz limitações consideráveis, do ponto de vista clínico, a respeito da utilização do desempenho proprioceptivo como referência ou indicativo do desempenho funcional, nas mais diversas atividades da vida diária.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a sensibilidade proprioceptiva do joelho e, de forma subjetiva, a percepção de sua função, antes e no 3º mês após a reconstrução cirúrgica unilateral do LCA, estabelecendo comparações com o membro contralateral (não-envolvido pela lesão) e com indivíduos clinicamente saudáveis. Também foi objetivo deste estudo investigar a relação entre as diferentes modalidades proprioceptivas utilizadas e a avaliação subjetiva da função do joelho pelo Questionário de Lysholm.

MATERIAL E MÉTODOS

Casuística

Vinte e sete sujeitos do gênero masculino, sedentários ou não praticantes de atividade física regular (frequência inferior a 3 vezes por semana), com idade entre 18 e 36 anos, foram selecionados por conveniência em uma comunidade universitária e no Setor de Fisioterapia da Universidade X. Segundo os resultados obtidos na avaliação física inicial, os mesmos foram divididos em 2 grupos: indivíduos portadores de lesão do LCA, com previsão de reconstrução cirúrgica (GR) e indivíduos controle (GC). Como critérios de inclusão dos voluntários no GR, foram consideradas: a) ruptura unilateral do LCA verificada artroscopicamente ou por ressonância magnética por imagem, e clinicamente por um sinal positivo nos testes de Lachman e de gaveta anterior; b) previsão de reconstrução do LCA utilizando a técnica do tendão patelar autógeno, a ser realizada por dois cirurgiões ortopédicos específicos e c) reabilitação similar após a cirurgia de reconstrução, incluindo o treinamento sensório-motor.

Como critérios de exclusão, foram considerados: a) história de cirurgia e/ou disfunção no joelho contralateral; b) qualquer disfunção ou cirurgia nos quadris, tornozelos ou pés e, para ambos os grupos, c) qualquer doença neurológica, cardiovascular, metabólica, reumática ou vestibular. Diante de tais critérios, dois indivíduos foram excluídos por apresentar sinais clínicos de lesão bilateral do LCA. Deste modo, o GR ficou constituído por 10 indivíduos

(26,9±6,8 anos; 174,7±6,6 cm; 78,8±8,3 kg) com lesão unilateral do LCA (11,3±10,5 meses, variação de 3-32 meses) e o GC, por 15 indivíduos sadios (22,1±3,0 anos; 175,8±7,5 cm; 73,0±8,1 kg). No GR, 40% da amostra apresentava lesão isolada do LCA. Lesões associadas envolveram o menisco medial (30%), ligamento colateral medial + menisco medial (20%) e menisco medial + menisco lateral (10%). Todos os voluntários receberam explicações sobre os riscos, benefícios e procedimentos do estudo, assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, previamente à realização do mesmo. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade X (Parecer nº 211/2005).

Procedimentos

Os grupos foram avaliados em dois momentos distintos: 1) pré-operatório (GR) ou avaliação inicial (GC) e 2) 3º mês de pós-operatório (GR) ou três meses decorridos à avaliação inicial (GC). Todas as avaliações foram realizadas bilateralmente, tanto no GR, onde foi estabelecida a categorização em membro envolvido e não-envolvido pela lesão; quanto no GC, onde foram considerados os membros dominante - definido como aquele utilizado preferencialmente pelo voluntário para chutar uma bola²⁵ - e não-dominante.

Avaliação subjetiva da função do joelho

Os voluntários foram devidamente instruídos anteriormente ao preenchimento do Questionário de Avaliação Funcional do Joelho de Lysholm¹⁴, na sua versão traduzida (por um profissional com fluência na área) para a língua portuguesa. Trata-se de um instrumento composto por 8 itens que discorrem sobre os sinais, sintomas e a funcionalidade da articulação do joelho e que perfazem um total de 100 pontos (onde os escores mais baixos indicam menor funcionalidade), distribuídos da seguinte forma: instabilidade (25 pontos), dor (25 pontos), edema (10 pontos), claudicação (5 pontos), bloqueio articular (15 pontos), subir escadas (10 pontos), suporte de peso (5 pontos) e agachar (5 pontos).

Avaliação da sensibilidade proprioceptiva

Os voluntários foram posicionados sentados na cadeira do dinamômetro isocinético *Biodex Multi-Joint System III Pro* (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY, USA), e estabilizados por cintos de contenção (tronco e pelve), com as articulações do quadril e do joelho à 105° e 90° de flexão, respectivamente. Para evitar estímulo cutâneo na fossa poplíteia, esta região foi posicionada a pelo menos 10 centímetros anteriormente à borda da cadeira²⁶. O eixo mecânico de rotação (eixo mecânico do braço de alavanca) foi alinhado ao epicôndilo lateral do fêmur e a almofada do braço de alavanca foi posicionada imediatamente acima do maléolo medial. No entanto, não houve contato direto com a pele dos voluntários, uma vez que foram utilizadas espumas para redução das aferências cutâneas neste segmento⁵.

A avaliação da sensibilidade proprioceptiva consistiu na realização de três testes: percepção da posição articular durante os movimentos passivo (PPA-P) e ativo (PPA-A) e limiar de detecção do movimento passivo (LDMP). Todos os testes foram realizados bilateralmente, a uma velocidade constante de 2°/s e utilizando-se dois ângulos pré-determinados (ângulos-alvo): 30° e 60° de flexão do joelho (0°= extensão completa), em três tentativas para cada condição. A ordem de avaliação dos testes, das angulações a serem utilizadas nos membros, bem como dos membros inferiores a serem testados, foram determinadas aleatoriamente por sorteio, exceto para o GR onde, seguindo as recomendações de Dvir (1995)²⁷, foi avaliado primeiramente o membro não-envolvido.

Para a avaliação da PPA-P, a articulação do joelho foi passivamente movida pelo braço de alavanca do dinamômetro da posição inicial (90° de flexão) em direção à extensão completa (0°), até um dos ângulos-alvo de flexão do joelho (30° e 60° de flexão), onde permaneceu durante 15 segundos. Posteriormente, retornou à posição inicial de referência, permanecendo nesta posição por 8 segundos²⁶. Em seguida, foi realizado novo movimento

passivo (reposicionamento) da articulação do joelho, e os voluntários foram solicitados a interrompê-lo por meio do acionamento dispositivo de parada no momento em que identificassem o ângulo-alvo. Conforme recomendado por Barrack et al.,(1989)¹⁹, cada voluntário teve seus olhos vendados por uma máscara, para eliminação da informação visual.

A avaliação da PPA-A foi realizada de modo similar ao descrito para o movimento passivo, exceto que o reposicionamento da articulação do joelho foi realizado ativamente pelos voluntários. O movimento do braço de alavanca (produzido ativamente pelos voluntários) deveria ser interrompido pelos mesmos, por meio do acionamento do dispositivo de parada, assim que identificassem o ângulo-alvo. Nas duas modalidades de PPA, foram analisados os valores médios do erro absoluto (em graus) das três tentativas realizadas, em relação a cada ângulo-alvo.

Para a avaliação do LDMP, a articulação do joelho dos voluntários foi movida passivamente a 2°/s, a partir dos 2 ângulos pré-determinados em direção à flexão ou à extensão (direção do movimento determinada aleatoriamente). Os voluntários deveriam interromper o movimento do braço de alavanca por meio do acionamento do dispositivo de parada assim que detectassem qualquer alteração na posição do joelho. Para este teste, além da máscara para vendar os olhos, foi também utilizado um fone de ouvido conectado a uma fonte emissora de ruído constante^{2,5}, para a eliminação de informações auditivas. No LDMP, foi analisado o deslocamento angular médio (em graus) decorrido entre o início do movimento passivo e o acionamento do dispositivo de parada, para cada ângulo-alvo.

Análise dos dados

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o programa MINITAB 13.4 for Windows (MINITAB Inc.). As comparações intergrupos relacionadas à idade e ao perfil

antropométrico foram realizadas através da estatística descritiva (média e desvio-padrão) e, respectivamente, pelos testes U de Mann-Whitney e t-Student para amostras independentes.

A análise intragrupos (GC) e intergrupos para o escore funcional do joelho (variável resposta) foi realizada por meio da análise de variância com dois fatores (JOELHO X PERÍODO – análise intragrupos e GRUPO X PERÍODO – análise intergrupos) - ANOVA TWO-WAY, com medidas repetidas para os dois fatores, enquanto a análise intragrupos (GR) foi realizada por meio da análise de variância não-paramétrica de Friedman com dois fatores (JOELHO X PERÍODO) - ANOVA de Friedman, com medidas repetidas para os dois fatores.

A análise intragrupos e intergrupos para cada variável proprioceptiva (variável resposta) foi realizada por meio da análise de variância com três fatores (JOELHO X ÂNGULO X PERÍODO – análise intragrupos e GRUPO X ÂNGULO X PERÍODO – análise intergrupos) – ANOVA THREE-WAY, com medidas repetidas para os três fatores.

Os testes para comparação múltipla de Tukey (na análise de variância convencional) e de Dunn (na análise de variância de Friedman) foram utilizados para verificar a ocorrência de diferenças específicas entre grupos, ângulos e/ou períodos, mediante a ocorrência de algum efeito ou interação significativos. As correlações entre as variáveis proprioceptivas e funcionais foram verificadas por meio do Coeficiente de Correlação Produto-Momento de Pearson. Todas as análises utilizadas consideraram um nível máximo de significância de 5%.

RESULTADOS

Para as comparações que envolveram análises de variância (relacionadas ao escore funcional do joelho e às variáveis proprioceptivas), somente foram mencionados os efeitos de interação quando os mesmos apresentaram-se significativos. Da mesma forma, em qualquer situação onde houve efeito ou interação significativos, somente foram descritos os resultados

dos testes de comparações múltiplas quando os mesmos tiverem indicado diferença significativa entre algum dos níveis comparados para este fator/interação.

Os grupos apresentaram-se homogêneos quanto à idade ($p=0,12$), massa corporal ($p=0,14$) e altura ($p=0,70$). Para o escore funcional do joelho, não foram verificados efeitos significativos para os fatores joelho ($p=0,69$) e período ($p=0,91$), no GC; ao contrário do GR, onde foi observada diferença significativa entre as combinações dos níveis dos fatores ($p=0,0000$). Tais diferenças ocorreram entre os membros envolvido (ENV) e não-envolvido (NENV), tanto na avaliação inicial (ENV= $71,8\pm 19,1$ e NENV= $100,0\pm 0,0$; $p<0,01$), quanto no 3º mês pós-cirúrgico (ENV= $71,7\pm 21,1$ e NENV= $100,0\pm 0,0$; $p<0,01$), com o membro envolvido apresentando os menores escores.

Considerando a ausência de diferença significativa entre os membros dominante e não-dominante (GC) e, para simplificar o tratamento estatístico dos dados, a análise intergrupos foi estabelecida entre o membro dominante (DOM) e o membro envolvido (ENV). Nesta análise, não houve efeito significativo para o fator período ($p=0,87$), ao contrário do fator grupo ($p=0,000$), onde as comparações múltiplas indicaram diferenças significativas tanto na avaliação inicial (ENV= $71,8\pm 19,1$ e DOM= $93,9\pm 7,2$; $p=0,002$), quanto no 3º mês de pós-cirúrgico (ENV= $71,7\pm 21,1$ e DOM= $95,3\pm 8,1$; $p=0,0008$), com o membro envolvido apresentando os menores escores.

A Tabela 1 apresenta a média e o desvio padrão das medidas referentes ao desempenho proprioceptivo, em relação a cada ângulo-alvo, para ambos os grupos.

Espaço para a inclusão da Tabela 1

Em relação ao LDMP, para o GC, foi observado efeito significativo para o fator período ($p=0,01$), ao contrário do ocorrido para os fatores joelho ($p=0,55$) e ângulo ($p=0,39$), enquanto para o GR não foi observado efeito significativo para os fatores joelho ($p=0,55$),

ângulo ($p=0,78$) e período ($p=0,14$). Na análise intergrupos, foi observado efeito significativo apenas para o fator período ($p=0,01$), ao contrário do ocorrido para os fatores grupo ($p=0,06$) e ângulo ($p=0,44$). Embora não significativo, foram observadas tendências de maiores limiares para o membro envolvido, especialmente no ângulo de 60° .

Em relação à PPA-A, para o GC, foi observado efeito significativo para os fatores ângulo ($p=0,02$) e período ($p=0,04$), bem como para a interação ângulo X período ($p=0,006$), ao contrário do ocorrido para o fator joelho ($p=0,93$); enquanto para o GR não houve efeito significativo para os fatores joelho ($p=0,64$), ângulo ($p=0,07$) e período ($p=0,78$). Na análise intergrupos, foi observado efeito significativo apenas para o fator ângulo ($p=0,04$), ao contrário do ocorrido para os fatores grupo ($p=0,53$) e período ($p=0,46$).

Em relação à PPA-P, para o GC, foi observado efeito significativo para o fator ângulo ($p=0,005$), ao contrário do ocorrido para os fatores joelho ($p=0,60$) e período ($p=0,09$), enquanto para o GR não foi observado efeito significativo para os fatores joelho ($p=0,62$), ângulo ($p=0,29$) e período ($p=0,06$). Embora não significativo, foi observada tendência de menores erros absolutos para o membro envolvido após a reconstrução ligamentar, quando comparado ao período pré-operatório. Na análise intergrupos, foi verificado efeito significativo apenas para o fator período ($p=0,03$), ao contrário do ocorrido para os fatores grupo ($p=0,59$) e ângulo ($p=0,34$).

Quanto à relação entre as variáveis proprioceptivas e funcionais, foi verificada correlação alta, na avaliação inicial, apenas entre o escore funcional e o LDMP a 60° no membro envolvido ($R=-0,71$, $p=0,02$). Na avaliação do 3º mês, foram observadas altas correlações apenas entre o escore funcional e o LDMP a 30° ($R=-0,78$; $p=0,008$), bem como entre o escore funcional e o erro absoluto durante a PPA-P a 30° ($R=-0,65$; $p=0,04$), também apenas para o membro envolvido.

DISCUSSÃO

A maioria dos estudos que se dedicaram à investigação da sensibilidade proprioceptiva do joelho na presença de lesão do LCA revela déficits de ordem variável no membro envolvido, quando comparado a um grupo controle externo^{3,7,13,16-18,20,23}. Embora não significativo, os resultados do presente estudo, em relação ao LDMP, indicam tendências similares, com o membro envolvido apresentando pior desempenho, especialmente no ângulo-alvo de 60°. No entanto, em relação às modalidades de PPA, nossos resultados discordam da maioria das descrições da literatura^{7,17,20,28}, ao não evidenciar tais tendências.

Uma das possíveis causas para esse conflito de resultados pode ocorrer em função do perfil da amostra selecionada para a participação no trabalho. Estudos prévios têm revelado que o tipo de lesão (isolada ou associada) do LCA pode afetar os pacientes de modo diferenciado, a respeito da habilidade proprioceptiva^{18,21}. Nossa amostra era composta por indivíduos que apresentavam tanto a lesão na sua forma isolada, quanto associada a outras estruturas do joelho, diferentemente dos estudos acima mencionados. Entretanto, Reider et al. (2003)⁵ não verificaram diferença significativa no LDMP entre pacientes com lesão do LCA nas suas formas isolada e associada (a lesões meniscais e condrais leves). Neste sentido, não podemos afirmar se realmente este fator consiste em uma das limitações do presente estudo. Contudo, essa hipótese também não pode ser descartada.

Além do perfil da amostra, diferenças quanto a outros aspectos metodológicos, tais como os tipos de testes e instrumentação utilizados para a avaliação, angulações e velocidades angulares diferenciadas de teste, forma de análise dos resultados, utilizando variáveis e testes estatísticos diversos, tamanho reduzido da amostra utilizada, tempo médio de lesão dessa amostra, nível de concentração dos voluntários durante o teste, entre outros, podem estar relacionados a algumas dessas divergências¹⁸.

Dentre esses aspectos, acredita-se que o tamanho reduzido da amostra, a heterogeneidade no tempo médio de lesão dos voluntários do GR, bem como questões referentes à instrumentação utilizada e à velocidade angular empregada nos testes; possam apresentar-se como os principais responsáveis pelo conflito de resultados.

A maioria dos estudos que examina a acuidade proprioceptiva tem utilizado métodos que envolvem a detecção do movimento passivo em velocidades angulares muito baixas (0,1-0,5°/s)^{3,20,21,29}, enquanto o presente estudo utilizou velocidades (pelo menos) quatro vezes superiores (velocidade mínima disponível no equipamento) o que, teoricamente, representa maior facilidade de discriminação do estímulo³, inclusive nos joelhos envolvidos pela lesão.

No entanto, alguns estudos^{17,28} realizaram o teste de PPA-A a uma velocidade de 10°/s (portanto em velocidade cinco vezes superior a do presente estudo), e com instrumentação semelhante, sendo sensíveis o suficiente para verificar déficits bilaterais significativos no grupo com lesão do LCA. Desta forma, apesar de acreditarmos que a detecção do desempenho em testes proprioceptivos possa ser influenciada pela velocidade angular, não é possível estabelecer, com precisão, de que forma a mesma representou uma limitação do presente estudo. Destacamos ainda, como possível fonte de limitação, a falta de precisão da instrumentação utilizada (dinamometria isocinética), capaz de mensurar valores apenas na casa de 1° (sem registros decimais), reduzindo consideravelmente a sensibilidade dos testes proprioceptivos. Desses, o LDMP (embora sem significância estatística) parece ser o mais sensível e confiável para detectar déficits no membro envolvido pela lesão do LCA, o que se encontra de acordo com alguns estudos^{5,18,23}.

Outro aspecto de bastante controvérsia, porém de grande interesse clínico, refere à presença de alterações proprioceptivas bilaterais nos casos de lesão unilateral do LCA. Alguns estudos^{7,19} demonstraram (respectivamente) aumento significativo no erro absoluto

(PPA-P) e no LDMP em joelhos com lesão isolada do LCA, quando comparados com o joelho contralateral. Nossos resultados divergem desses estudos, tendendo a concordar com outras descrições da literatura^{20,23}. Embora a importância funcional desses achados não tenha sido amplamente investigada, recomenda-se que o membro não-envolvido não deva ser utilizado como único controle para pacientes com lesão do LCA, uma vez que as informações provenientes dos receptores do ligamento também podem se projetar, via polissináptica, para os neurônios motores que inervam a musculatura contralateral à lesão. Assim, a lesão poderia influenciar, de alguma forma, o desempenho do membro contralateral³⁰.

Uma outra observação interessante refere-se à tendência de pior desempenho no LDMP a 60° de flexão do joelho (em relação ao de 30°), para ambos os grupos, o que concorda indiretamente (considerando as diferenças metodológicas) com outros estudos^{7,22,28,29}, indicando que a sensibilidade proprioceptiva, em geral, é influenciada pela posição articular e, no caso do joelho, seja mais acurada em angulações próximas da extensão completa onde, de acordo com aspectos clínicos, desempenharia o papel principal na proteção articular^{7,22}. Há indícios de que as angulações pertencentes aos extremos da amplitude de movimento ofereçam mais estímulos aferentes sobre a posição e o movimento do joelho, uma vez que atuam diretamente sobre um maior número de receptores articulares e cutâneos especializados para a propriocepção^{7,29}, os quais teriam sido suficientes para suprir o papel que o LCA desempenha para esta condição, nos indivíduos com insuficiência deste ligamento.

Ainda não está totalmente claro se ocorre melhora proprioceptiva no período de reabilitação inicial após a reconstrução do LCA, bem como quais seriam os mecanismos responsáveis por esse processo^{7,9}. Sabe-se que os mecanorreceptores não são encontrados no enxerto em um período inferior a 4 semanas pós-cirurgia¹⁰, e que os mesmos atingem a sua morfologia normal apenas no 3° mês⁸, tendo sua função restabelecida somente após 6-18

meses^{5,7,9,12}. Diante do exposto, as melhorias observadas no membro envolvido pela lesão do LCA (embora não significativas) não podem ser atribuídas ao processo de reinervação do enxerto, pois, do ponto de vista funcional, o mesmo se encontra ainda em seu curso inicial.

No entanto, as mesmas poderiam ocorrer em função da correção da cinemática articular alterada⁵, após o procedimento de reconstrução cirúrgica, bem como de um mecanismo de compensação funcional, estimulado pelo treinamento proprioceptivo inicial, que permite maior contribuição de aferências de mecanorreceptores da cápsula articular, de outros ligamentos e dos fusos musculares^{7,21}; ou ainda de um aspecto de familiarização com o teste, embora cuidados tenham sido tomados para se evitar esse tipo de efeito.

Em relação ao déficit funcional subjetivo verificado por meio do Questionário de Lysholm, foi verificado que o mesmo corrobora achados prévios da literatura^{3,5,7,15}. Interessante observar que o mesmo ocorre apenas no membro envolvido, tanto em comparação bilateral, quanto com o grupo controle, o que aponta para dois temas de importância clínica: 1) esse questionário parece sensível (clinicamente) para detectar alterações na função subjetiva do joelho, embora não se tenha testado estatisticamente essa qualidade (sensibilidade) e 2) a possibilidade de o membro contralateral ser utilizado como referência para a avaliação subjetiva da função do joelho nos casos de lesão e reconstrução do LCA, ao contrário do ocorrido diante dos resultados das avaliações proprioceptivas.

Além disso, parece clara a existência de uma relação direta entre a lesão do LCA e a redução dos parâmetros de funcionalidade do joelho. Da mesma forma, o período inicial pós-reconstrução cirúrgica ainda parece representar baixa funcionalidade para o membro reconstruído⁵. Estudos prospectivos de longo-termo, que acompanhem a evolução desses casos ao longo de um número superior de meses/anos, são encorajados, no sentido de verificar

o momento em que os parâmetros de funcionalidade do membro reconstruído retornam a valores similares aos do membro contralateral, ou em relação a um grupo controle^{5,15}.

Os achados do presente estudo indicam ainda que a percepção subjetiva da capacidade funcional pode representar um importante componente dentro do conjunto de critérios gerais para a determinação do retorno à atividade. Evidentemente, a associação da avaliação da função subjetiva com outros métodos de avaliação funcional de característica objetiva (tais como os testes isocinéticos e funcionais), pode trazer contribuições fundamentais para melhor identificar a efetividade da recuperação desses indivíduos³.

Embora o papel funcional da propriocepção como um mediador da lesão articular, da reabilitação e de aspectos relacionados à funcionalidade do joelho tenha sido hipotetizado, pouca evidência tem dado suporte a esta idéia²⁸. Fremerey et al. (2000)⁷ verificaram correlações altas entre propriocepção e o nível de satisfação do paciente, após o período de reconstrução do LCA e da reabilitação, indicando que a propriocepção se relaciona melhor com a função subjetiva do joelho do que a estabilidade mecânica. Apesar das diferenças metodológicas, nossos resultados concordam com esses achados, na medida em que apontam um nível de correlação alta entre o desempenho no LDMP e o escore subjetivo do joelho, exclusivamente no membro envolvido pela lesão do LCA, nos dois períodos de estudo.

De modo geral, embora haja conflito entre os nossos resultados e os de estudos anteriores, é fundamental destacar a importância clínica da avaliação da propriocepção e do desempenho funcional, considerando que as intervenções terapêuticas devem ser planejadas e aplicadas com fundamentação científica para seu uso. No entanto, apesar de o treinamento proprioceptivo ser um dos componentes fundamentais no tratamento de lesões relacionadas ao joelho, especialmente do LCA, a avaliação dessa variável com dados objetivos raramente é realizada na prática clínica. Esse fato pode conduzir a tratamentos equivocados ou impróprios

para determinado estágio de reabilitação e/ou treinamento, bem como à falta de controle dessa variável com a evolução do quadro do paciente.

CONCLUSÃO

Nas condições experimentais utilizadas, os indivíduos com lesão do LCA não apresentam déficit proprioceptivo significativo em relação ao membro contralateral ou a indivíduos clinicamente saudáveis, tanto antes quanto (inicialmente) após a reconstrução cirúrgica. Embora não significativo, de forma geral, houve discreta melhora na acuidade proprioceptiva do membro reconstruído, em relação aos valores pré-operatórios. Tal achado pode estar relacionado à melhora na estabilidade articular e a mecanismos de adaptação à intervenção cirúrgica, bem como em resposta ao período inicial de reabilitação.

No entanto, a lesão do LCA repercutiu em prejuízos funcionais subjetivos consideráveis no membro envolvido pela lesão, que persistiram ainda no 3º mês após a reconstrução cirúrgica. Neste sentido, considerando o nível de correlação existente entre a sensibilidade proprioceptiva, em particular do LDMP, com o escore funcional do joelho, sua relevância clínica como um dos componentes de medida da função parece evidente.

APOIO FINANCEIRO – CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Johansson H, Sjolander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. *Clin Orthop Relat Res* 1991, 268: 161-78.
2. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* 1997, 25(1): 130-137.
3. Ageberg E, Roberts D, Holmström E, Fridén T. Balance in single-limb stance in patients with anterior cruciate ligament injury – Relation to knee laxity, proprioception, muscle strength and subjective function. *Am J Sports Med* 2005, 33(10): 1527-1535.

4. Good L, Roos H, Gottlieb DJ, Renstrom PA, Beynnon BD. Joint position sense is not changed after acute disruption of the anterior cruciate ligament. *Acta Orthop Scand* 1999, 70(2): 194-198.
5. Reider B, Arcand MA, Diehl LH, Mroczek K, Abulencia A, Stroud C et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Arthrosc Rel Surg* 2003, 19(1): 2-12.
6. Friemert B, Bach C, Schwarz W, Gerngross H, Schmidt R. Benefits for active motion for joint position sense. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006, 14: 564-570.
7. Fremerey RW, Lobenhoffer P, Zeichen J, Skutek M, Bosch U, Tscherne 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-B(6): 801-806.
8. Denti M, Monteleone M, Berardi A, Panni AS. Anterior cruciate ligament mechanoreceptors: Histologic studies on lesions and reconstruction. *Clin Orthop Rel Res* 1994, 308: 29-32.
9. 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.
10. Shimizu T, Takahashi T, Wada Y, Tanaka M, Morisawa Y, Yamamoto H. Regeneration process of mechanoreceptors in the reconstructed anterior cruciate ligament. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999, 119: 405-409.
11. Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U, Malamou-Mitsi V, Pappa S, Papageorgiou CO et al. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001, 9(6): 364-368.

12. 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): 902-906.
13. MacDonald PB, Hedden D, Pacin O, Sutherland K. Proprioception in anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees. *Am J Sports Med* 1996, 24(6): 774-778.
14. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Rel Res* 1985, 118: 43-49.
15. Phillips N, Benjamin M, Everett T, Van Deursen RWM. Outcome and progression measures in rehabilitation following anterior cruciate ligament injury. *Phys Ther Sport* 2000, 1: 106-118.
16. Barrett DS. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 1991, 73-B: 833-837.
17. Katayama M, Higuchi H, Kimura M, Kobayashi A, Hatayama K, Terauchi M et al. Proprioception and performance after anterior cruciate ligament rupture. *Int Orthop* 2004, 28(5): 278-281.
18. Roberts D, Ageberg E, Andersson G, Fridén T. Clinical measurements of proprioception, muscle strength and laxity in relation to function in the ACL-injured knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007, 15(1): 9-16.
19. Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med* 1989, 17: 1-6.
20. Corrigan JP, Cashman WF, Brady MP. Proprioception in the cruciate deficient knee. *J Bone Joint Surg Br* 1992, 74-B: 247-250.
21. 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-B: 764-768.

22. Bonfim TR, Paccola CAJ, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil* 2003, 84: 1217-1223.
23. Roberts D, Fridèn T, Stomberg A, Lindstrand A, Moritz U. Bilateral proprioceptive defects in patients with unilateral anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between patients and healthy individuals. *J Orthop Res* 2000, 18(4): 565-571.
24. West RV, Harner CD. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg* 2005, 13(3): 197-207.
25. Bolgla LA, Keskula DR. Reliability of lower extremity functional performance tests. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997, 26(3): 138-42.
26. Higgins MJ, Perrin DH. Comparison of weight-bearing and non-weight-bearing conditions on knee joint reposition sense. *J Sport Rehabil* 1997. 6: 327-334.
27. Dvir Z. *Isokinetics – Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications*; Edinburgh, Churchill Livingstone, 1995.
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: 336-340.
29. Pincivero DM, Bachmeier B, Coelho AJ. The effects of joint angle and reliability on knee proprioception. *Med Sci Sports Exerc* 2001, 33(10): 1708-1712.
30. Fatarelli IFC, Almeida GL, Nascimento BG. Lesão e reconstrução do LCA: Uma revisão biomecânica e do controle motor. *Rev Bras Fisiot* 2004, 8(3): 197-206.

Tabela 1. Média e desvio padrão do deslocamento angular verificado no teste do limiar de detecção do movimento passivo (LDMP) e dos erros absolutos nos testes de percepção da posição articular durante o movimento ativo (PPA-A) e passivo (PPA-P) dos voluntários do grupo com lesão do LCA - GR (membros envolvido e não envolvido) e do grupo controle - GC (membros dominante e não-dominante), nos dois períodos de estudo [avaliação inicial (0) e 3º mês (3)]. $n_{GR}=10$ e $n_{GC}=15$

Membros	GR		GC		
	Envolvido	Não-envolvido	Dominante	Não-dominante	
LDMP	30° (0)	0,9±0,6°	1,7±2,7°	0,8±0,6°	0,7±0,4°
	30° (3)	0,7±0,6°	0,7±0,5°	0,6±0,4°	0,6±0,4°
	60° (0)	1,1±0,8°	0,9±1,0°	0,9±0,5°	0,9±0,6°
	60° (3)	0,9±0,6°	0,9±0,8°	0,5±0,3°	0,7±0,4°
PPA-A	30° (0)	5,1±3,6°	6,0±2,2°	8,8±6,0°	8,0±4,2°
	30° (3)	6,8±2,9°	5,1±2,4°	4,7±2,3°	5,2±3,1°
	60° (0)	4,7±2,7°	5,0±4,6°	4,7±3,6°	4,7±1,7°
	60° (3)	4,5±4,3°	3,6±2,6°	4,9±4,2°	5,5±4,2°
PPA-P	30° (0)	6,2±3,6°	6,4±2,4°	5,5±3,1°	7,4±4,1°
	30° (3)	4,3±2,4°	5,3±4,0°	5,8±3,2°	5,1±3,1°
	60° (0)	5,8±2,6°	5,0±1,9°	5,8±3,0°	4,0±1,8°
	60° (3)	3,8±3,2°	4,8±3,5°	4,3±1,4°	3,8±2,3°

Table 1. Mean and standard deviation of angular displacement verified in the threshold for detection of passive movement (TDPM) and of absolute error verified in the joint position sense during active (JPS-A) and passive (JPS-P) movements of the ACL-deficient group – RG (involved and uninvolved limb) and of the control group – CG (dominant and non-dominant limb), in both test moments [initial evaluation (0) and 3rd month evaluation (3)].
 $n_{RG}=10$ e $n_{CG}=15$

Limbs	RG		CG		
	Involved	Non-involved	Dominant	Non-dominant	
TDPM	30° (0)	0.9±0.6°	1.7±2.7°	0.8±0.6°	0.7±0.4°
	30° (3)	0.7±0.6°	0.7±0.5°	0.6±0.4°	0.6±0.4°
	60° (0)	1.1±0.8°	0.9±1.0°	0.9±0.5°	0.9±0.6°
	60° (3)	0.9±0.6°	0.9±0.8°	0.5±0.3°	0.7±0.4°
JPS-A	30° (0)	5.1±3.6°	6.0±2.2°	8.8±6.0°	8.0±4.2°
	30° (3)	6.8±2.9°	5.1±2.4°	4.7±2.3°	5.2±3.1°
	60° (0)	4.7±2.7°	5.0±4.6°	4.7±3.6°	4.7±1.7°
	60° (3)	4.5±4.3°	3.6±2.6°	4.9±4.2°	5.5±4.2°
JPS-P	30° (0)	6.2±3.6°	6.4±2.4°	5.5±3.1°	7.4±4.1°
	30° (3)	4.3±2.4°	5.3±4.0°	5.8±3.2°	5.1±3.1°
	60° (0)	5.8±2.6°	5.0±1.9°	5.8±3.0°	4.0±1.8°
	60° (3)	3.8±3.2°	4.8±3.5°	4.3±1.4°	3.8±2.3°